The Department of Public Instruction, Bombay.

# SCIENCE PRIMERS

IN GUJARATI

# PHYSICS,

BY

**Professor Balfour Stewart, F. R. S.**

TRANSLATED INTO GUJARATI,

BY

R. S. MAHIPATRÁM RUPRÁM, C. I. E.,

LATE GUJARATI TRANSLATOR, EDUCATIONAL DEPARTMENT.

First Edition—1000 Copies.





Bombay:
GOVERNMENT CENTRAL BOOK DEPOT.

1891.



*Price 14 Annas.*

BOMBAY:

PRINTED AT THE EDUCATION SOCIETY'S PRESS, BYCULLA.

૪૯૦૦

મુંબઈ ઈલાકાનું સરકારી કેળવણીખાતું.

---

# વિદ્યાપ્રવેશગ્રંથાવલિ.

ગૂજરાતીમાં.

નંબર ૭.

---

# पदार्थविज्ञान.

ઇંગ્રેજીપરથી ગૂજરાતીમાં ભાષાંતર કરનાર,

રા૦ સા૦ મહીપતરામ રૂપરામ, સી. આઈ. ઈ.,

માજી ગૂજરાતી ટ્રાન્સલેટર, એ. ડિપાર્ટમેન્ટ.

પહેલી આવૃત્તિ—૧૦૦૦ પ્રત.

---

આ પુસ્તક હિંદ સરકારના સને ૧૮૬૭ ના ૨૫ મા આક્ટપ્રમાણે નોંધાવ્યું છે.

---

મુંબઈ:

સરકારી મધ્ય બુક ડીપો.

---

સને ૧૮૯૧.



કીમત ૧૪ આના.

મુંબઈ:
એજ્યુકેશન સોસાયટીના છાપખાનામાં છાપ્યું છે.

# પ્રસ્તાવના.



પદાર્થવિજ્ઞાન અને રસાયનશાસ્ત્ર વિષે સાયન્સ પ્રાઇમરેા (વિદ્યાનાં પ્રથમ પુસ્તકેા) પ્રગટ કરવાનેા તેઓના રચનારાનેા હેતુ એ છે કે સાયન્સેાનાં મુળતત્વેા નાની ઉમરના નિશાળીઆથી સમજાય તેવા રૂપમાં કહેવાં. તેઓને લાગેછે કે આ લઘુ પુસ્તકેા વડે જ્ઞાન આપવાની ધારણા કરતાં શીખનારાનેા સમાગમ મૂળ જોડે થાય તેવી રીતે તેમના મનને કેળવવાપર વધારે નજર રાખવાનેા યત્ન કરવેા જોઇએ. આજ પર્યંત એમ કરવાનેા રિવાજ નથી. આ અર્થે સારા પ્રયેાગેાની એક શ્રેણી યેાજી છે તેઓ વડે પ્રત્યેક સાયન્સનાં મુખ્ય સત્યેા પર જઇ પહોંચાય. એ પ્રયેાગેા શિક્ષકે વર્ગની આગળ નિયમિત અનુક્રમે કરવા. એથી નિશાળીઆની અવલેાકનશક્તિ જાગશે અને બળવાન થશે; તેમણે જ્ઞાન પાકું અને ખરેખરૂં મેળવ્યું તેની ખાત્રી કરવાને અને તેમાં વધારેા કરવાને નિયમિત અનુક્રમે પ્રશ્નેા પૂછવા.

ઉપર કહેલા બંને વિષયેાની પૂર્વે ઘણું કરીને પ્રવેશ પેાથી સહજ શીખવવામાં આવશે, કેમકે એ યથાક્રમ છે; અને તેની પછી રસાયનશાસ્ત્ર શીખવવું એ બીજું પગથીયું છે; અને ત્યાર પછી પદાર્થવિજ્ઞાનને ત્રીજું પગથીયું કરી શીખવવું એ ક્રમ ઉત્તમ માલૂમ પડશે એવું દીસેછે.

# અનુક્રમણિકા.

## ઉપોદ્‌ઘાત.



## સૃષ્ટિનાં મુખ્ય બળો.



## ગુરૂત્વાકર્ષણની કૃતિ શી રીતે થાયછે.



## દ્રવ્યની ત્રણ અવસ્થા.



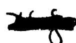
## ઘન પદાર્થના ગુણો.

## ઉષ્ણ થયેલા પદાર્થો.

## વિદ્યુન્મય પદાર્થો.

# सायन्स प्राइमरो.

## पदार्थविज्ञान.



### उपोद्घात.

૧. पदार्थविज्ञाननी व्याख्या.—આપણી આસપાસ કયા પ્રકારની વસ્તુઓ છે તે તમને રસાયનશાસ્ત્રની પ્રથમ પોથીમાં (કેમિસ્ત્રી પ્રાઇમરમાં) કહ્યુંછે. રસાયનશાસ્ત્રી શું કરેછે તે તમે જોયુંછે; તે વસ્તુઓને શી રીતે તોળેછે અને તેઓનું પરિમાણ શોધી કાઢેછે, તથા કેટલીક ચીજો મિશ્ર છે અને તેઓને કેમ જુદી પાડી શકાય તે તથા કેટલીક વસ્તુઓ અમિશ્ર કે તત્વો છે, એ બધું શી રીતે ઓળખી કાઢેછે તે તમે જાણ્યું.

દુનિયામાં ઘણી જાતની વસ્તુઓ છે તેઓ વિષે વસ્તુતઃ તમને જણાવવામાં આવ્યું, પરંતુ એ વસ્તુઓના વિકારો કે વૃત્તિઓ વિષે તમે બહુ શીખ્યા નથી. તમારી પોતાની વૃત્તિ પણ વિકાર પામેછે; કોઈવાર તમે હસમુખા દેખાઓછો, અને કોઈવાર ઉદાસ, તમારૂં મોહું રીસે ઘુમરાયલું, કે આંસુવાળું દેખાયછે; કોઈ વેળા ઉમંગી અને ચપળ લાગોછો; કોઈ સમે સુસ્ત અને ઉદાસી કે બેપરવા જણાઓછો.

હવે જો તમે જરા વિચાર કરશો તો જણાશે કે તમારી આસપાસની વસ્તુઓ પણ ઘણીક તમારા જેવી વૃત્તિઓને પાત્ર છે. આજે કુદરતનું વદન તેજસ્વી, સુખકારક અને હસતું છે: આવતી કાલે તેજ વદન નિસ્તેજ અને ઉતરી ગયલું થાય; વરસાદ વરસે, મેઘગર્જના થાય, અને સમુદ્રનાં મોજાં ઉછાળા મારે અને વાવાઝોડું થાય. અથવા બીજું ઉદાહરણ લઈએ. બીય લોઢાના ગોળા પડેલાછે તે તાતા અને ભારે લાગેછે, અને

આપણે અગ્નિમાં મૂકીએ. તેમાંથી પાછો કાઢીએ છીએ ત્યારે તેનીતેજ વસ્તુ છે, પણ તેની અવસ્થા ઘણી ભિન્ન છે; હવે જો તમે તેને અડશો તો નક્કી દાઝશો. તેને અગ્નિમાં ન મૂકતાં તોપમાં મેલી તે તોપને છોડશો તો તે ભારે વેગથી બહાર આવશે, અને જેની જોડે અથડાશે તેને ભાંગી તેના કકડે કકડા કરી નાંખશે.

એમ તમે જાણ્યું કે તોપનો તાઢો ગોળો તોપના ઊના ગોળાથી બહુ જુદી ચીજ છે; અને તોપનો સ્થિર ગોળો તોપના ગતિમંત ગોળાથી ભિન્ન વસ્તુ છે.

હવે જો અમે તમને રડતા અને અસુખી જોઈએ તો પૂછીએ કે એવી વૃત્તિનું કારણ શું છે, અને તેનું કારણ હમેશ હોય છે; અથવા અમને તમે અનુત્સુક, અને ઊંઘટા, અને શક્તિહીન જણાઓ ત્યારે અમે તમને પૂછીએ કે તમને શું થયુંછે, અને જે થયું હોય તે અને તેનું કારણ તમારા કહેવાથી જાણીએ છીએ. તેમજ ન્યારે નિર્જીવ પદાર્થની વૃત્તિઓ કે ગુણોમાં ફેરફારો માલૂમ પડેછે ત્યારે તેમ થવાના કારણની તજવીજ કરીએ છીએ, અને તેઓનું કારણ છે એમ માલૂમ પડેછે. આ પુસ્તકમાં એ તજવીજ કરીશું, અને જે જવાબ મળે તે ઉપર તમારે ખુબ લક્ષ આપવું જોઈએ. તમને કહેવામાં આવી ગયુંછે કે એવી તજવીજ કરવી, અર્થાત્ સૃષ્ટિને પૂછવું તેને **પ્રયોગ** કહેછે.

૨. **गतिनी व्याख्या.**—પ્રથમ તમારા મનમાં ગતિનો સ્પષ્ટ વિચાર આવવો જોઈએ. ગતિનો અર્થ જગ્યા બદલવી. તમારામાંના કેટલાકે સાંભળ્યું હશે કે આ ઘન પૃથ્વી જે ઉપર આપણે વશીએ છીએ તે ખરૂં જોતાં, સૂરજની આસપાસ બહુ ઉતાવળે ફરેછે, પણ હાલ આપણે એ વાતને તદન ભૂલી જઇએ, કેમકે પૃથ્વી ઘણી ઝડપથી ફરેછે ખરી, પરંતુ તે આપણે બધાંને તેની સાથે લેતી જાયછે, અને જાણે તે સ્થિર હોય તેમ બધું સરળ અને શાંતપણે થયું જાયછે.

એમ માની હું ઓરડામાં ખુરશીએ બેસું તો કહી શકું કે હું સ્થિર છઉં, પણ જો હું ઓરડામાં આમતેમ ફરૂં તો ગતિમાં છું એમ કહી શકું. હવે મારી ગતિઓ વિષે સમજવાને હું આમ તેમ ચાલું છું એ બનાવ ઉપરાંત તમારે કાંઇ વધારે જાણવું જોઇએ: જે દિશામાં કે લીટીમાં હું ગતિ કરૂંછું તે તમારે જાણવું જોઇએ, તથા શા પ્રમાણે અથવા કેટલે વેગે હું હીંડુંછું તેપણ તમારે જાણવું જોઇએ. આ "વેગ" શબ્દનો સ્પષ્ટ અર્થ સમજવાની કોશિશ કરવી જોઇએ; અને તે સમજવાને ધારો કે હું ઘરમાંથી બહાર નીકળી કોઇ સીધે રસ્તે બે કે ત્રણ કલાક સુધી સરખે કદમે ચાલુંછું. જ્યાંથી ઉપડ્યો ત્યાંથી એમ ચાલતાં મને માલૂમ પડેછે કે એક કલાકમાં હું ચાર મૈલ ચાલ્યો, અને બે કલાકમાં ત્યાંથી આઠ મૈલ ચાલ્યો. એ પરથી હું કહુંછું કે કલાકે ચાર મૈલ પ્રમાણે કે વેગે (એ બેઉનો અર્થ સરખો છે) હું ચાલુંછું.

પરંતુ વેગ સદા સરખો નહોય તો શું કહેવું? ધારો કે કોઇ રેલવે ત્રેન સ્ટેશનની પાસે આવેછે, અને ઝડપ ઓછી કરવા માંડેછે. કહો કે ત્રેન પ્રથમ કલાકે ચાળીસ મૈલ પ્રમાણે દોડેછે, પણ તેનો વેગ વધારે વધારે ઓછો થતો જાયછે, અને સ્ટેશને પહોંચતાં તે ઊભી રહેછે. એમ તેની ઝડપમાં હમેશ ફેર પડતો હોય ત્યારે તેનો વેગ શી રીતે માલૂમ પડે? અથવા ત્રેનની ઝડપ કમી થવા લાગી તેની પૂર્વે કલાકે ચાળીસ મૈલ પ્રમાણે તે ચાલતી હતી એમ કહેવાનો અર્થ શો? એનો અર્થ એ કે ધીમી પડવા માંડ્યા પહેલાં જેટલી ઉતાવળે ત્રેન ચાલતી હતી તેટલી ઉતાવળે તેને આખા કલાક લગી ચાલવા દીધી હોત તો તે ચાળીસ મૈલ ચાલી ગઇ હોત. જો સ્પેશિઅલ ત્રેન હોત અને સ્ટેશને અટક્યા વિના ચાલી ગઇ હોત તો આપણે જ્યાં તેને જોઇ ત્યાંથી એક કલાકમાં ચાળીસ મૈલ આગળ ગઇ હોત.

વેગ જણાવવાની જુદી જુદી રીતો છે; અહીં જેમ કહ્યું તેમ કોઇવાર કલાકે આટલા મૈલ કહેવામાં આવેછે, પરંતુ કોઇ વાર

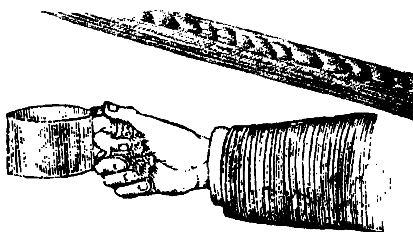
ફુટ અને સેકંડમાં કહેવું વધારે ઠીક પડેછે: ઉદાહરણ, હું કુવામાં પથરો નાંખું તો એમ કહેવું જોઇએ કે નાંખ્યા પછી તે એક સેકંડમાં ૧૬ ફુટ પડ્યો. તમે બધા જાણોછો કે સાઠ સેકંડની એક મિનિટ થાયછે, અને સાઠ મિનિટનો એક કલાક થાયછે.

આ નાની ચોપડીમાં ગતિના વેગ વિષે કહેવામાં મૈલ અને કલાક કરતાં ફુટ અને સેકંડ વધારે વાર વાપરવામાં આવશે, અને કોઇ પદાર્થ એક સેકંડમાં દશ, વીસ કે ત્રીસાદિક જેટલા ફુટ હશે તે કહેવામાં આવશે.

૩. **बळनी व्याख्या.**—જે કાંઇ પૂર્વે સ્થિર હતું તેને ગતિમાં કોણ આણેછે? અથવા જે પૂર્વે ગતિમાં હતું તેને સ્થિર કોણ કરેછે? એ બેઉ કામ કરનાર **બળ** છે. બળથી પદાર્થને ગતિ મળેછે, અને બળ તેને ( સાવ સામી દિશામાં લગાડવાથી ) સ્થિર કરેછે. એથી વધારે એ કે જો કોઇ પદાર્થને ગતિ આપવાને જબરૂં બળ જોઇએ તો તેને સ્થિર કરવાને પણ જબરૂં બળ જોઇએ. રમવાના દડાને તમે તમારા હાથની થાપટથી ગતિ આપી શકો, અને હાથની થાપટથી અટકાવી પણ શકો, તથાપિ રેલવેની ટ્રેન જેવા મોટા પદાર્થોને ગતિ આપવાને અને અટકાવવાને બહુ બળ જોઇએ; જે સહેલથી હલાવી કે ચલાવી શકો તેને સહેલથી થોભાવી શકો જેને ચલાવવું મુશ્કેલ છે તેને અટકાવવું પણ મુશ્કેલ છે. હવે તમે જોયું કે પદાર્થને ગતિ આપવાનું કામ બળ કરેછે એટલુંજ નહિ, પણ તેને અટકાવવાનું કામપણ કરેછે. વસ્તુતઃ જે પદાર્થની સ્થિતિ બદલેછે તેને બળ કહેછે. એ સ્થિતિ સ્થિરતા હોય કે ગતિમંત હોય.

**प्रयोग १ लो.**—એનો પુરાવો—પવાલીમાં થોડા વટાણા મૂકી તેને તમારા જમણા હાથે ઝાલો, અને લાકડાનો દાંડો આડો જડેલો હોય તેની નીચે કેટલેક છેટે તમારો હાથ રાખો. એ દાંડાને ઠેકાણે તમારા બીજા હાથને અકડ ધરી રાખશો તોએ ચાલશે. હવે તમારો પવાલીવાળો હાથ એ દાંડાજોડે કે તમારા બીજા હાથ જોડે અથડાતાં સુધી ઝપટથી ઊંચો કરો. તમે એ કર્યું કે

પવાલીને તેમાંના વટાણાસહિત ઉતાવળે ઊંચી કરી અને પછી એકાએક અટકાવી. પ્રથમ તમે તમારા હાથના બળ વડે પવાલીને ઉપલી મેર જવાની ગતિ દીધી અને પવાલીએ વટાણાને તેની સાથે ઉપર જવાની જરૂર પાડી, કેમકે તેઓ પાછળ રહી શકે નહિ એ દેખીતું છે. બીજું તમારો જમણો હાથ પવાલીને પકડી ત્વરાથી ઊંચો જતો હતો તેવામાં તેને એકાએક અટકાવ્યો; અર્થાત્ દાંડાએ (કે બીજા હાથે) બળ કરી તેને અટકાવ્યો. અને તમે પવાલીને જોરથી ઝાલી હતી તેને બળથી અટકાવી. પણ વટાણા પવાલીને તળીએ છૂટા પડેલા છે. તેઓને પવાલીને અટકાવનાર બળ લાગ્યું નહિ તેથી પવાલી અટક્યા પછી તેઓનું ઉપર જવું જારી રહેશે, અને તેઓમાંના ઘણાક પવાલીની કોર પરથી ઉછળી નીચે ભોંયપર વેરાશે.



આકૃતિ ૧ લી.

**પ્રયોગ ૨ જો.**—પવાલી ખાલી કરી એમાં બીજા વટાણા મૂકો; હવે તેને હાથમાં લેઈ ઝડપથી ઊંચી ન કરતાં જેમ વધારે ઝડપથી નીચલી ગમ લેવાઈ શકાય તેમ લો. અહીં, તમારા હાથનું બળ પવાલીને નીચલી મેર બહુ ઝડપથી લેઈ જાય છે. તથાપિ વટાણા તેને તળીએ છૂટા પડેલા છે. તેઓને એ બળ લાગતું નથી; પરિણામ એ થશે કે પવાલીની ઉતાવળી ગતિ વટાણામાં આવશે નહિ, તેઓ પાછળ પડી જશે, અને અંતે બધા જમીન ઉપર વેરાઈ જશે.

હવે ક્ષણવાર થોભી જોઈએ કે આ બે પ્રયોગથી આપણે

વાસ્તવિક શું શીખ્યા. પહેલા પ્રયોગથી એ જણાયું કે વટાણાને ઉપર જવાની ગતિ આપ્યા કેડે, હાથ અને પવાલીને અટકાવનાર બળ તેઓને લાગ્યું નહિ તેથી, પવાલી અટક્યા પછી તેઓની ઉપલીમેર જવાની ગતિ જારી રહી. તેઓને ઉપલીમેર જતાં અટકાવવાને બળ જોઈએ, અને તે બળ લાકડાના દાંડાવડે આપણે લગાડી શક્યા નહિ તેથી પૃથ્વીના બળે તેઓને નીચલી ગમ જમીન ઉપર આણ્યા ત્યાં લગી તેઓનું ઉપર જવું જારી રહ્યું. એમ તમે જુઓ છો કે ગતિમાં હોનાર પદાર્થને અટકાવવાને બળની જરૂર છે.

વળી, બીજા પ્રયોગમાં, આપણે પવાલીને નીચલી મેર ગતિ આપી, પણ આપણા હાથના જે બળે એમ કર્યું તે બળ પવાલીને તળીએ છૂટા રહેલા વટાણાને લાગ્યું નહિ. એથી કરીને તેઓની સ્થિર અવસ્થામાં તેઓ રહ્યા અને પવાલીની જોડે ન જતાં અંતે પૃથ્વીનું બળ નીચે જમીન ઉપર તેઓને આણેછે ત્યાં સૂધી પાછળ રહેછે. એમ તમે જુઓછો કે સ્થિર પદાર્થને ગતિ આપવાને બળની ગરજ છે.

માટે, બળ બે કામ કરી શકે; ગતિમાં હોનાર પદાર્થને અટકાવી શકે, અથવા સ્થિર હોનાર પદાર્થને ગતિ દઈ શકે, પરંતુ ઘણીવાર આપણે જોઈએ છીએ કે બળ હાજર છતાં અસર કરતું જણાતું નથી. તો એનું કારણ શું? એ પ્રશ્નનો ઉત્તર એ છે કે તેની સમાન સામું આવેલું બીજું બળ તેને અસર કરવા દેતું નથી. ઉદાહરણ, ભારે કાટલાને હું મારા હાથ વતી ઝાલી રાખુંછું; જો તેને છોડી દઉં તો પૃથ્વીનું બળ તેને લાગે તે વડે ઝટ તે ભોંય ઉપર પડે; પણ જ્યાં સૂધી હું તેને પકડી રાખુંછું ત્યાં સૂધી એ બળને કામ કરવા દેતો નથી. અથવા ધારો કે તે કાટલું ટેબલ ઉપર છે; જો ટેબલ ન હોય તો તે જમીન ઉપર પડે; પૃથ્વીનું જે બળ તેને પડવાનું વલણ દેછે તેને અસર કરતું ટેબલ બાળેછે, અથવા પ્રતિરોધ કરેછે. કાટલું ટેબલ ઉપર દબાણ કરેછે. પરંતુ ટેબલ તેને બાળેછે માટે અહીં એકએકની

સામાં થતાં કે બાળતાં બે બળો છે, એક કાટલાના ભારનું બળ અને બીજું ટેબલનું પ્રતિરોધ કરતું બળ.

આ બધાથી આપણને જ્ઞાન થાયછે કે હરકોઈ પદાર્થની સ્થિર અવસ્થાને કે ગતિમંત અવસ્થાને જે બદલેછે તે બળ છે, પણ ઘણીવાર એક બળને તેની સમાન અને સામું આવેલું બીજું બળ પ્રતિરોધ કરેછે કે બાળેછે, તેણે કરીને તેનાથી કાંઈ થઈ શકતું નથી કે તેનાથી કાંઈ કાર્ય ઉત્પન્ન થતું નથી (તેની કાંઈ અસર થતી નથી).

## सृष्टिनां मुख्य बळो.

૪. **गुरुत्वनी व्याख्या.**—'બળ' એ શબ્દનો અર્થ શો છે તે મેં તમને એમ કહ્યો, અને હવે આસપાસ જોઈએ કે આપણે જે એઓની સાથે કામ પડેછે તેવાં મુખ્ય બળો કયાં છે, તેમાંનું દરેક શું કામ કરેછે અને તે શા ઉપયોગનું છે. એમાંનું સઉથી આગળ પડતું બળ પૃથ્વીનું આકર્ષણ છે. કોઈ ભારે વસ્તુને હાથમાંથી છોડી દઈએ તો તે ક્યાં જશે તે આપણે જાણીએ છીએ; આપણે જાણીએ છીએ કે તે ઊંચે આકાશ ભણી ચડશે નહિ, અથવા બાજૂ ઉપરની કોઈ દિશામાં જશે નહિ, પણ તે ભોંયે એટલે પૃથ્વી ઉપર પડશે. આપણે કહીએ છીએ કે તે પડેછે, અને **ઊંચે** અને **નીચે** એ શબ્દોજ પૃથ્વીના બળને લીધે છે; જો પૃથ્વીનું બળ ન હોત તો આપણે એવા શબ્દો મૂળગા બોલત નહિ. "ઊંચે" એ શબ્દ પૃથ્વીના બળની સામી મુશ્કેલ ગતિ દેખાડેછે. "નીચે" એ શબ્દ પૃથ્વીના બળની મદદવડે સહેલી ગતિ બતાવેછે. ડુંગર ઉપર ચડવું કઠણ છે, ડુંગરની નીચે ઉતરવું બહુ સહેલું છે.

આપણે જ્યારે એમ કહીએ કે પૃથ્વી વસ્તુઓને આકર્ષેછે ત્યારે તમારે એમ ન સમજવું કે જે જે ચીજો આપણે જોઈએ છીએ તે સઘળી, કિંવા તેઓમાંની ઘણીખરી પૃથ્વી ભણી હાલ પડેછે. તમે અને હું પડતા નથી, અને પડી જવાજેવી ધાસ્તી-

વાળી અવસ્થામાં આવવાને આપણે ચહાતા પણ નથી. આપણે પડી કેમ જતા નથી? કેમકે આપણે આ માળ ઉપર ઊભા છીએ; જો એ માળ ન હોય તો આપણે હેઠળ પૃથ્વી ઉપર પડીએ. આ માળ આપણો ભાર ખમી શકે તેટલી તેનામાં મજબૂતી હોવી જોઈએ, તેમ ન હોય તો તે તૂટે અને આપણે પડી જઈએ. કોઈવાર માળ (પાટીઆની જમીન) કે માચડાપર એટલાં બધાં આદમીઓ ભેગાં થયેલાં કે તે તૂટેલો, તેઓ તળીએ પડી ગયેલાં, અને તેઓમાંનાં ઘણાં તેથી છુંદાઈ મુએલાં યા જખમાયલાં.

એમ તમે જુઓછો કે પૃથ્વી સર્વ વસ્તુઓને આકર્ષે છે, તોપણ આપણી આસપાસ જે વસ્તુઓ આપણે દેખીએ છીએ તેઓમાંની ઘણીખરી પૃથ્વી તરફ પડતી નથી, કેમકે તેઓના ભારને પ્રતિરોધ કરી શકે તેવી કોઈ બીજી વસ્તુઓનો તેઓને ટેકો છે. વસ્તુઓનો આ ગુણ ભાર કહેવાયછે અને તે પૃથ્વીના આકર્ષણથી ઉત્પન્ન થયોછે.

પૃથ્વીના આ બળને **ગુરૂત્વ** કહેછે.

૯. **अवलंबाकर्षणनी व्याख्या**.—પણ એ પૃથ્વીના બળ સિવાય બીજાં બળો પણ છે. આપણે દોરી કે તાર લેઈ તેને તોડી તેના બે કકડા કરવા માંડીશું તો તે આપણને તેમ કરતા અટકાવવાનું બળ કરશે, અને જો આપણું તોડવાનું બળ તેના અટકાવવાના બળથી વધારે હોયછે તોજ આપણે તેને તોડી શકીએ છીએ. દોરી કે તારના જુદા જુદા ભાગો કે રજકણો એક એકને કોઈ બળેકરીને વળગી રહેછે, અને તે બળ તેઓને છુટા પાડવાની સામે થાયછે. સઘળા ઘન પદાર્થના, લાકડું, પત્થર, ધાતુ, આદિકના ભાગો કે રજકણો એમ કરે છે. ઘણા પદાર્થો એવા છે કે તેઓને ત્રોડી તેઓના કકડા કરવા, કે તેઓને વાળવા અથવા ભાંગી તેઓનો ભૂકો કરવો, કિમ્વા તેઓના આકારમાં યા કદમાં કોઈ પ્રકારનો ફેરફાર કરવો મુશ્કેલ છે. હરકોઈ પદાર્થના ભિન્ન ભિન્ન રજકણોને જે બળ એકએકની સાથે વળગાડી

રાખેછે તેને **અવલંબાકર્ષણ** કે **સ્નેહાકર્ષણ** કહેવામાં આવેછે.

ગુરૂત્વાકર્ષણ અને અવલંબાકર્ષણ એ બેની મધ્યેનો ભેદ હવે તમારા સમજવામાં આવ્યો; બધા પદાર્થોને પોતાની ભણી ખેચવાનું જે બળ પૃથ્વી કરેછે અને જે બળ ઘણે દૂર સુધી પહોંચેછે તે ગુરૂત્વાકર્ષણ છે: ઉદાહરણ, ચંદ્ર આપણાથી બે લાખ ચાળીસ હજાર મૈલને અંતરે છે તેપર પૃથ્વીનું આકર્ષણ થાયછે. પદાર્થમાંના પાસે પાસે રહેલા રજકણો એક એકને વળગી જોડ રહેવાને જે બળ કરે છે તેને અવલંબાકર્ષણ કહેછે. રજકણો એક એકની ઘણા નજીક હોયછે ત્યારેજ એ બળ પોતાનું કાર્ય કરેછે; કેમકે કોઈ વસ્તુ એકવાર ભાંગી કે વટાઈને તેનો ભૂકો થયો તો તેના રજકણો સહેલાઈથી ફરીને જોડાઈ જતા નથી.

૬. **रसायनी आकर्षणनी व्याख्या.**—એ બળો ઉપરાંત **રસાયની આકર્ષણ** બળ છે. રસાયનવિદ્યાની પ્રથમ પોથીમાં (કલમ ૪ થી માં) તમને જણાવવામાં આવ્યું છે કે કોલસા અને ઑક્સિજન એ બે વસ્તુઓનો રસાયની સંયોગ થાયછે, અને તેઓના ભળવાથી કાર્બોનિક આસિડ ગ્યાસ બનેછે. જેમ પૃથ્વી પત્થરને પોતાની ભણી ખેંચેછે તેમજ કોલસા અને ઑક્સિજન એક એકના ઉપર બળ કરેછે ને તેથી તેઓ તણાઈ એકઠા થાયછે. એ બળે કરીને તેઓ એક બીજાની તરફ ધસારો કરેછે અને મળી જાયછે. એ સંયોગથી એ બેથી કેવળ નોખો પદાર્થ બનેછે. આ બળને રસાયની આકર્ષણ કહેછે. એનું વિશેષ લક્ષણ એ છે કે જુદી જાતના પદાર્થો એક એકપર એ આકર્ષણ કરે છે. ભિન્ન જાતની વસ્તુઓ ભળી જવાને ધશી આવી આપ્રમાણે સંયોગ પામેછે તેઓ વિષે માત્ર રસાયનશાસ્ત્ર છે.

૭. **आ बळोनो उपयोग.**—સૃષ્ટિનાં મુખ્ય બળોવિષે તમને કાંઈક કહ્યા પછી તેઓ શાં કાર્યો કરેછે, અને તેઓ સૃષ્ટિમાં

હોવાનાં શાં કારણો છે તેની તજવીજ કરીએ; અને હું ધારું છું કે તેઓ વિના આપણી અવસ્થા ઘણી માઠી હોત એ ઝટ જણાશે. પ્રથમ આપણે ધારીએ કે ગુરૂત્વાકર્ષણ નથી અને વસ્તુઓને પૃથ્વી પોતાની ભણી ખેંચતી નથી. કોઈવાર આપણે થોડા ઢાળવાળા ડુંગર ઉપર ચડીએ છીએ તે વારે એમ ધારવાને લલચાઈએ છીએ કે જેવી સહેલાઈથી આપણે હેઠે ઉતરીએ છીએ તેવી સહેલાઈથી ઉપર ચડી શકીએ તો કેવું સારૂં! ગુરૂત્વાકર્ષણ હોય નહિ એવું આપણે કેવા ચાહીએ છીએ! પણ જો કોઈ દેવદાનવ આપણી એ ઇચ્છા પૂરી પાડે તો આપણા મહાભોગ મળે. ગુરૂત્વાકર્ષણ ન હોય એટલે ભાર પણ નાજ હોય, અને એમ હોય તો આપણે ડુંગર ઉપર સહેલથી ચડી શકીએ, પરંતુ હવામાં ઉછળીએ તો ત્યાંજ રહીએ; અને આ ધરતીનો કદાચ તદન ત્યાગ પણ કરી શકીએ. આપણા ઘરમાંનાં વાસણ કુસણ વગેરે સામાનમાંનું કેટલુંક ભોંય ઉપર અને કેટલુંક છાપરા ઉપર પડેલું તથા કેટલુંક વામાં તરતું માલૂમ પડે. જેમ જમીન ઉપર હીંડીએ છીએ તેમજ સહેલથી છાપરે હીંડી શકીએ. વળી ચંદ્રમાને પૃથ્વી જોડે વળગણ ન રહેવાથી તે આપણને છોડી જતો રહેશે અને પછી કદી મળશે નહિ; તેમજ પૃથ્વીને સૂર્યના સાથમાં રહેવાનું બંધન ન હોવાથી સૂર્યને પાછળ મુકી તે તારાઓમાં ભટકશે.

ગુરૂત્વાકર્ષણ ન હોય તો એમ બને. જો અવલંબાકર્ષણ ન હોય તો શું થાય તે હવે જોઈએ. એ બળ જો ન હોય તો ઘન પદાર્થોના રજકણો એક એકને વળગી રહે નહિ, તે સર્વના કકડા થઈ જાય, કે વધારે ખરૂં કહીએ તો તેઓનો ભૂકો થઈ જાય. આપણા ખાટલા પાટલાના લાકડાનો અને વાસણોનો ભૂકો થઈ જાય, ઘરમાં રાચરચીલું કાંઇ રહે નહિ: આપણાં ઘરોની ભીંતોમાંની ઇંટોનો પણ ભૂકો થઇ જાય એટલે આપણે રહેવાને ઘરો મળે નહિ. આપણા પોતાના શરીરનો પણ ભૂકો થઈ

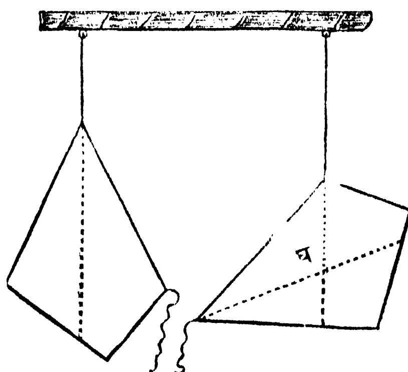
જાય, અને સારાંશ એ કે બધી વસ્તુઓનો મોટો ધૂળનો ઢગલો બને.

છેલ્લે જો રસાયની આકર્ષણ પણ ન હોય તો શું થાય તે જોઈએ. પ્રથમ તો દેવતા સળગશે નહિ, અને સળગેલો હશે તે હોલવાઈ જશે, કારણકે લાકડાંમાંનો અને કોયલામાંનો કાર્બોન વામાંના ઑક્સિજન સાથે ભળવાની દરકાર કરશે નહિ.

બીજું, હરકોઈ બે સાદા પદાર્થો એટલે મૂળતત્ત્વો, મિશ્ર પદાર્થ બનવાને એકઠાં થશે નહિ. માત્ર સાદેક તત્ત્વો રહેશે, અને તેઓમાં ઘણાક ધાતુ અને થોડાક ગ્યાસ (વાયુ) હોવાના. આવી દુનિયામાં ભાત ભાતના મિશ્ર પદાર્થો હોવાના નહિ, અને કોઈ જીવતું પ્રાણીએ નહિ હોય, કેમકે આપણાં અને સર્વ પ્રાણીનાં શરીરો મિશ્ર પદાર્થો છે; જો રસાયની આકર્ષણ નાશ પામે તો તેઓનો કેટલોક ભાગ ઊડી જઈ વામાં ભળી જાય, અને કેટલોક ભાગ, જે કાર્બોન, થોડાક ફોસ્ફોરસ તથા એક બે ધાતુઓનો બનેલોછે તે ચુરો બની ભોંય પડે અને આપણો અંત આવે.

## गुरुत्वाकर्षणनी कृति शी रीते थायछे.

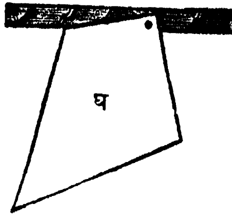
૮. गुरुत्वमध्यबिंदु. प्रयोग ३ जो.—ગુરૂત્વ કયા પ્રકારનું




આકૃતિ ૨૭

બળ છે તે જાણવાનો યત્ન હવે આપણે કરીએ. એ કાજે આ અનિયમિત ચપટું લોઢાનું પત્રું લઈએ અને તેને દોરા વડે લટકાવીએ. જોયું એ અમુક રીતે લટકેછે. એ પત્રા ઉપર પ્રથમથી જે લીટી દોરી છે તે એ દોરીની દિશામાં છે, અને તેનો ઊભો વધારો છે. ફરીને એ પત્રાને કોઈ બીજા બિંદુથી છૂટથી લટકાવીએ; અહીં પણ વળી દોરાની દિશામાં બીજી લીટી થઈછે, તે તેનો વધારો હોય તેવી છે, અને જોવામાં આવેછે કે એ બે લીટીઓ એક એકને ઘ બિંદુમાં છેદેછે.

હવે પત્રાને તેની કોરના કોઈ બીજા બિંદુથી ટાંગીએ. એમાં પણ એ દોરીની દિશામાં વધારેલી લીટી કરી છે. એ ત્રણે લીટીઓ એક એકને તેજ ઘ બિંદુમાં છેદેછે એ સહજ જોઈ શકાયછે: વસ્તુતઃ એ પત્રાને તેના હરકોઈ બિંદુએથી છૂટથી લટકવા દઈએ અને દોરાના વધારા પ્રમાણે લીટી દોરીએ તો તે સઘળી ઘ બિંદુમાં એક એકને છેદશે. એમ જે બિંદુથી ટાંગશો તેની સીધી દિશામાં નીચે એ ઘ બિંદુ સદા હોવાનું, અને પત્રાને તમે કોઈ બાજૂએ ખસેડી છોડી દેશો કે તે પાછું પોતાની જૂની સ્થિતિમાં આવશે. હવે એ વિશેષ ઘ બિંદુ શું છે? એ જાણવાને એ ઘ બિંદુએ દોરો વળગાડી તે વડે તેને લટકાવીએ. જુઓ કે જાણે બિંદુમાં પત્રાનો બધો ભાર એકઠો થયો હોય તેમ તે બધી દિશામાં તેની આસપાસ તોળાઈ રહેછે. એ પત્રાનું જે **ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ** કહેવાયછે તે એ ઘ બિંદુ છે; અને જો બીજી આકૃતિમાં છે તેમ એ




આકૃતિ ૩ જી.

પત્રાને છૂટથી ટંગાવા દેશો તો એનું એ ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ જેમ વધારે નીચું રહે તેમ તે લટકશે. અથવા દોરાએ ન લટકાવતાં એ પત્રાને છૂટથી લટકી શકે એમ ખીંટીમાં ખોશીએ તો એનું ઘ બિંદુ જેમ વધારે નીચું રહે તેમ લટકવાનું તે કરશે, અને ત્રીજી આકૃતિમાં છે તેવી સ્થિતિમાં ન રહેતાં એનું ઘ બિંદુ ખીંટીની ઊભી સીધી લીટીમાં આવે તેમ એ પત્રું લટકશે. પદાર્થનો બધો ભાર વ્યવહાર ઉપયોગાર્થે કહીએ તો, એ ગુરૂત્વમધ્યબિંદુમાં એકઠો થાયછે અને ત્યાંથી કૃત્ય કરેછે એવી કલ્પના કરી શકીએ. પૃથ્વીના આકર્ષણનેલીધે હરકોઈ પદાર્થ સ્વભાવે કરીને નીચો રહેછે, અર્થાત્, તેનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ જેમ બને તેમ નીચું રહેછે.

૧. કાંટો.—પ્રત્યેક વસ્તુમાં એ પ્રકારનું ઘ બિંદુ હોયછે, અને તેને આપણે ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ કહીએ છીએ. ૨૭મે પાને કાંટાનું (ત્રાજવાનું) ચિત્ર છે તેને પણ બીજી બધી ચીજોની પેઠે તેનું ઘ બિંદુ તેનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ છે, અને લોઢાના પત્રાની માફક તે પણ તેના એ બિંદુને બની શકે એટલે નીચે રાખવાનો યત્ન કરશે.

ત્રાજવાનાં બંને પલ્લાંમાં કાટલાં સરખાં હોયછે ત્યારે જે બિન્દુપર દાંડી રહેલી છે તેની હેઠે સીધી લીટીમાં સમાનતાદર્શક કાંટામાં કોઈ સ્થળે ઘ બિંદુ હોયછે; અને તે માટે જો દાંડીના એક હાથાને ઝાલી નમાવીએ કે ઊંચો કરીએ તો તેને છૂટો મેલ્યા કેડે અંતે તે પોતાની પ્રથમની સ્થિતિમાં આવશે. વહેવારમાં કામ ચલાવવાને માટે એ ઘ બિંદુમાં ત્રાજવાનો (કાંટાનો) સઘળો ભાર એકઠો થયલો ધારી શકીએ. વસ્તુતઃ દરેક પલ્લામાં સરખા ભારનાં કાટલાં હોયછે ત્યારે હમેશ તે સમધારણ રહેછે, અને સમધારણદર્શક કાંટો બરાબર મધ્યમાં રહેછે; માટે જે જે કોઈ ચીજને જોખવી હોય તેને એક પલ્લામાં મૂકીએ અને પછી કાટલાંને બીજા પલ્લામાં મૂકવાથી કાંટો પૂરો મધ્યમાં રહે તો એ નક્કી સમજવું કે તે

વસ્તુનો ભાર કાટલાંના ભારની બરોબર છે. પરંતુ જો તે વસ્તુ કાટલાંથી વધારે ભારે હશે તો તે વસ્તુભણીની દાંડી નમશે અને તેપરનો કાંટો મધ્યમાં સીધો ન રહેતાં તે તરફ આડો રહેશે; તેમજ જો કાટલાં વધારે ભારે હશે તો દાંડી તેઓની ભણી નમશે અને કાંટો તેઓની ગમ વળશે.

**પ્રયોગ ૪ થો.**—ધારો કે ત્રાજવાંના એક પલ્લામાં હું આ ધાતુનો કકડો મૂકુંછું અને બીજા પલ્લામાં ૧૫૦ ગ્રેન ભારનાં કાટલાં મૂકુંછું. ધાતુના કકડાવાળું પલ્લું નમેછે અને તે-વડે જણાવેછે કે એ કાટલાંથી ધાતુનો કકડો વધારે ભારે છે. પછી હું તેમાં ૨૫૦ ગ્રેન ભારનાં કાટલાં મૂકુંછું તો તે ાટલકાંવાળું પલ્લું નમીને દર્શાવેછે કે તેઓ ધાતુના કકડાથી વધારે ભારે છે. એ પરથી સમજાય છે કે એ કકડાનું વજન ૧૫૦ અને ૨૫૦ ગ્રેનની વચ્ચે છે. હવે ૨૦૦ ગ્રેનનું કાટલું મૂકી જોઇએ. જુઓ આ દાંડીને વચગાળે કાંટો છે તે પૂર્ણ મધ્યમાં રહ્યો અને ત્રાજવાંનો દાંડો બરાબર ક્ષિતિજ-સમસૂત્ર છે. એ પરથી જણાયછે કે આ ધાતુના કકડાનું ાલ પૂરેતે ૨૦૦ ગ્રેન છે.

## દ્રવ્યની ત્રણ અવસ્થા.

૧૦. મેત જાણ્યું કે સૃષ્ટિમાં ભિન્ન ભિન્ન બળો છે તેઓની જરૂર છે, તેઓ વિના ચાલે નહિ, અને દ્રવ્યના એક ભાગનું બીજા ભાગપર ખેંચાણ કે આકર્ષણ ન હોય તો આપણા જેવી દુનિયા હોયજ નહિ. વળી તમે જોયું કે અવલંબાકર્ષણ ન હોય તો ભૂકા વિના બીજું કાંઈ ન હોય. હવણા હું તમને દેખાડુંછું કે જો અવલંબાકર્ષણનું બળ હાલ છે તેથી ઘણું વધારે હોય તો આપણી ખરાબી લગભગ એટલીજ થાય, કેમકે તેમ હોય તો પ્રવાહી ન હોય, વાયુઓ (ગ્યાસીસ) ન હોય, પાણીએ ન હોય અને હવાએ ન હોય. લોઢાના કે ગજવેલના સળીઆના રજકણોમાં અવલંબાકર્ષણ બળ ઘણું છે, અને એઓને તછૂટાં પાડતાં મુશ્કેલી

બહુ પડેછે. પરંતુ પાણીના અને પારાના રજકણોમાં એ શક્તિ ભાગ્યે કિંચિત છે, અને તેથી સહજ માત્ર અડકાવાથી તેઓને સર્વ દિશામાં છૂટાં પાડી શકાયછે. તોપણ નીચલા પ્રયોગોથી જણાશે કે એ પ્રવાહીઓમાંએ કાંઈક થોડું અવલંબાકર્ષણ છે.

**प्रयोग ५ मो.**—સીસીમાંથી ઘણો થોડો પારો ચપટા કાચના પૃષ્ઠ ઉપર રેડો. એને દાબવાથી નાની ગોળીઓ રૂપે એ છૂટો પડી જશે. પારાના રજકણો એક એકને વળગી રહેછે એનો પુરાવો એ ગોળીઓ છે, કેમકે એના ઉપર બીજો ચપટો કાચ મૂકયાથી તમે તેઓને ચાંપી ચપટી કરી શકશો; તથાપિ એ બીજો કાચ લઈ લેવાથી પારો પોતાનો આગલો ગોળીઓનો આકાર ધારણ કરશે.

**प्रयोग ६ ठो.**—તેલવાળા કે બીજી કોઈ જાતની ચીકાશવાળા પૃષ્ઠ ઉપર થોડાં પાણીનાં ટીપાં છાંટો. તેઓનો આકાર પણ ગોળ જણાયછે. પારાનાં ટીપાંનાં જેવાં તેઓ છે. એ પરથી સિદ્ધ થાયછે કે પાણીના રજકણો પણ એક એકને બાઝી રહેછે.

આપણે શ્વાસ લઈએ છીએ તેવા વાયુઓના રજકણોનો નિયમ એથી ઉલટો છે. એકઠાં વળગી રહેવાનું તેમનામાં વલણ નથી, પણ ઉલટું જુદાં પડવાનું છે. વીખરાઈ જતાં બાળનારૂં કોઈ બળ ન હોય તો તેઓ એક એકને છોડી જતાં રહેશેજ.

માટે, તમે જોયું કે દ્રવ્યની ત્રણ ભિન્ન અવસ્થા છે, **ઘન**, **પ્રવાહી**, અને **વાયુરૂપી**; એમાંની પ્રત્યેક અવસ્થાને કેટલાક ગુણો છે તેઓ વડે તેઓ પરખાયછે.

**११. घननी व्याख्या.**—લોઢાના કે લાકડાના કકડા જેવા ઘન પદાર્થો, તેઓના આકાર કે કદ ફેરવવાના યત્નની સામા થાયછે. બળાત્કારે તેઓના આકાર કે કદનો નાશ કરવામાં ન આવે તો જે કદ કે આકાર હોય તેજ સદા રાખેછે.

૧૨. **પ્રવાહીની વ્યાખ્યા.**—પાણી જેવા પ્રવાહી પદાર્થને સીસા, લોટાદિક હરકોઈ વાસણમાં રાખવાથી તે એવી રીતે પ્રસરી જાયછે કે તેનું પૃષ્ઠ સપાટ થાયછે, તોપણ તેનું કદ તે સદા જાળવી રાખેછે. એક શેર પાણીને તમે અરછેર પાણીના માપમાં ગમે એટલા બળની સહાયતાથી સમાવી શકશો નહિ; તે પોતાનું કદ જેટલું હોય તેટલું રાખવાની હઠ લેશે-અર્થાત જેટલો અવકાશ તે રોકેછે કે જેટલા અવકાશમાં તે માયછે તેથી ઓછો અવકાશ નહિ રોકે, તેથી ઓછા અવકાશમાં નહિ માય, તથાપિ આકાર વિષે તેને કશી દરકાર નથી, અર્થાત જે આકારના પાત્રમાં તેને રેડો તે આકાર તે ધારણ કરેછે.

૧૩. **વાયુઓ (ગ્યાસો) ની વ્યાખ્યા.**—વાયુને પૃષ્ઠ નથી; હરકોઈ જાતના વાયુ (ગ્યાસ) ને કોઈ સંપૂર્ણ ખાલી વાસણમાં મૂકશો તો ફેલાઈ જવાથી આખું વાસણ ભરાઈ જશે. વળી અમુક અવકાશ રોકવાને પ્રવાહીની પેઠે વાયુઓ (ગ્યાસો) બહુ બળથી પ્રતિરોધ કરતા નથી. શેર માપનું પાત્ર જેટલા વાયુથી ભરાયલુંછે તેટલા વાયુને દાબવાને જોઈએ તેટલું બળ લગાડવાથી તે અરછેર માપના પાત્રમાં કે જોઈતું વધારે બળ લગાડવાથી તેથીએ ઓછા અવકાશમાં સમાવી શકાય. વસ્તુતઃ વા કે હવા (ગ્યાસ) ને ઓછા અવકાશમાં સમાવી શકાય, પણ પ્રવાહીને આપણે ઓછા અવકાશમાં સમાવી શકતા નથી.

## ઘનપદાર્થના ગુણો.

૧૪. ઘનપદાર્થનું વિશેષ લક્ષણ એ છે કે તે પોતાનું કદ રાખવાને એટલે અમુક અવકાશ રોકવાને હઠ કરેછે એટલુંજ નહિ, તથાપિ રૂપ કે આકાર જાળવી રાખવા માટે પણ સામો થાયછે.

**પ્રયોગ ૭ મો.**—નીચેની ચાર આકૃતિઓમાંની ઉપલી બે

કદમાં સરખા છે. એક સીસો છે અને એક વાડકો છે. એ બેના આકાર **ભિન્ન** છે, પરંતુ **કદમાં** તેઓ બરોબર છે. (બેઉ અવકાશ સરખો રોકે છે તેનો પુરાવો એ છે કે) એ બેમાં-



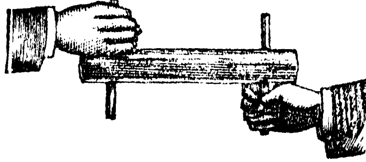
આકૃતિ ૮ મી.

ના એકને પાણીથી સમ્પૂર્ણ ભરો અને પછી તે પાણી બીજામાં રેડો તો જણાશે કે તેટલા પાણીથી તે બીજું પાત્ર પૂર્ણ ભરાશે.

એ પાત્રોની હેઠે લાકડાના બે કકડા છે. એ બંને **રૂપ** કે **આકારમાં** સરખા છે, તથાપિ એક કકડો મોટો છે અને બીજો તેથી નાનો છે. તેઓનાં કદમાં ભેદ છે.

અવકાશ કે કદનો અર્થ (એ બેનો અર્થ એક છે) શો અને આકાર કે રૂપનો અર્થ શો તે હવે તમારા સમજવામાં આવ્યો હશે. બે ઘનપદાર્થનાં કદ સમાન હોય, તથાપિ તમે તેઓમાંના એકના આકારને બદલી બીજાના આકાર જેવો બનાવી શકશો નહિ. સીસો અને વાડકો કદમાં સમાન છતાં તમે સીસાને વાડકાનું રૂપ આપી શકશો નહિ; તેમજ તમે બે સરખા આકારના ઘનપદાર્થોને સમાન કદના કરી શકશો નહિ,—ઉપરના બે લાકડાના સરખા આકારના કકડામાંના મોટાને દાબીને નાના જેવડો કરી શકશો નહિ. જે પદાર્થ સંપૂર્ણ ઘન હશે તે પોતાનો આકાર કદી બદલશે નહિ, તથા પોતાનું કદ પણ બદલશે નહિ, તે સદા પોતાના રૂપમાં અને કદમાં રહેશે.

**પ્રયોગ ૮ મો.**—હું આ લોઢાનો સળીઓ લઉંછું; પ્રથમ હથોડાવતી એના કકડા કરી નાંખવાની કોશિશ કરૂંછું, પણ



આકૃતિ ૫ મી.

એ ભાંગતો નથી. તો હું એને એક છેડેથી તંગ લટકાવી બીજે છેડે ભારે વજન ભેરવી લાંબો કરવાનો યત્ન કરૂંછું, પણ તે લાંબો થતો નથી.

એ સળીઆને બંને છેડે કાણાં છે, તેમાં દાંડા ઘાલી ચિત્રમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આમળો દેવાનું કરૂંછું, એક છેડાને સ્થિર પકડી રહી બીજાને આમળાવુંછું, પણ તે મરડાતો નથી.

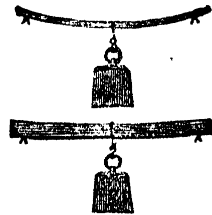
હવે હું એ સળીઆને ટેબલ ઉપર ઊભો રાખુંછું. તેનો એક છેડો ટેબલના પૃષ્ઠ ઉપર છે, ને બીજો ઊંચો છે તે ઉપર ભારે બોજો મૂકી તેને દાબી નાંખવાનું કરૂંછું, પણ તે દબાતો નથી.

હવણા હું એને બે છેડે આડો (ક્ષિતિજસમસૂત્ર) લટકાવુંછું અને તેના મધ્ય ભાગે ભાર ટાંગુંછું. હું જોઉંછું કે તે વળતો નથી.

આ લોઢાના સળીઆને હું ઘાથી ભાગી શકતો નથી, લાંબો કરી શકતો નથી, મરડી શકતો નથી, દાબી શકતો નથી અને વાળી શકતો નથી. એ ઘન પદાર્થનું સારૂં ઉદાહરણ છે; એમ છતાંપણ જો હું એને અતિશે મોટું બળ લગાડું તો એ લાંબો થઈ શકે, મરડાઈ શકે, દબાઈ શકે કે વાંકો થઈ શકે. અને આ વર્ણવેલા પ્રયોગોમાં વસ્તુતઃ મેં તેને ખરેખરો લાંબો કર્યો, મરડ્યો, સંકોચ્યો અને વાળ્યો, પણ દેખી શકાય એટલો નહિ. જેટલું બળ લગાડીએ તેટલી અસર થાય, તે પ્રમાણે લાંબો થાય, કે મરડાય, કે સંકોચાય, કે વળે; અને આપણે જે બળ લગા-

ડીએ અને તેથી કાર્ય ઉત્પન્ન કરીએ તેની વચ્ચેના સંબંધને શોધી કાઢવાનો પ્રયત્ન આપણે **પદાર્થવિજ્ઞાન**માં કરીએ છીએ. આવિષે હું તમને બધું કહી શકતો નથી, કેમકે તેમ કરવામાં વખત ઘણો લાગે, પરંતુ આપણે કોઈએક ક્રિયા કરી જોઈએ. વાળવાની ક્રિયા કરીશું અને તે ઉપરથી લગાડેલા બળના ઉપર અસર કેવે પ્રકારે આધાર રાખેછે તે જાણવાની કોશિશ કરીશું.

**૧૫. वाळवुं. प्रयोग ९ मो.**—એ પ્રયોગને માટે લાકડાની પટીને તેના બે છેડા વતી આડી ટેકવી રાખીએ, અને કેટલુંક ભારે વજન તેના મધ્ય ભાગે ટાંગી દોરી અને માપ વતી ભરી જોઇએ કે તે કેટલી વળી છે. પછી એથી બમણો ભાર ત્યાં ટાંગી વધેલા વજનથી તે મધ્ય ભાગ કેટલો વધારે વળ્યો છે તે તપાશીશું તો માલુમ પડશે કે પહેલાં કરતાં આશરે બમણી વળી છે, એટલે ભાર બે ગણો કરવાથી પટી શુમારે બમણી વળી. વસ્તુતઃ ભાર લગાડ્યો તેના પ્રમાણમાં લગભગ વળી છે.



આકૃતિ ૬ ઠી.

**प्रयोग १० मो.**—એજ પટીને ચપટી ના રાખતાં તેની કોરો ઉપર રાખીએ કે તેથી મોટા ચપટા પૃષ્ઠને બદલે ઊંડાણ વધારે મળે. જે વજન ઉપલા પ્રયોગમાં લગાડ્યું હતું તેજ એ સ્થિતિમાં તેને લગાડતાં જણાશે કે પટી અગાઉ જેટલી વળી નથી.

**१६. लाकडुं, लोढुं, वगेरे इमारती सामाननी मजबूती.**—કોઇ ગજ્જર કે ઇજનેર ઇમારત બાંધવામાં લાકડાના મોટા ભારવટીઆ (ભારોટીઆ) વાપરે ત્યારે તેમાંનું ઊંડાણ જેમ વધારે આવે તેમ જડવાથી તેઓની મજબૂતીમાં વધારો થાય એ દેખીતું છે; લાકડું કે લોઢું વાપરવાનો સર્વોત્તમ પ્રકાર જાણવાની તેને જરૂર છે.

મિસ્ત્રી, ગજ્જર કે ઇજનેરને યાદ રાખવાની બીજી બાબત

એમ છે. કે ઘરપર કે પૂલ ઉપર વધારેમાં વધારે બોજો મુકવાનો હોય તેથી પાંચ છ ગણો વધારે ખમી શકે એટલી મજબૂતી ઘરને અને પૂલને હોવી જોઇએ. ઘરનો માળ ભારે વજન મુકવાથી પડી ન જાય એવો હોય, અથવા પૂલ ઉપર લાંબી ટ્રેન ચાલી જાય પણ તે તુટે નહિ એટલો મજબૂત હોય, તથાપિ તે બોજાથી માળ એટલો બધો વાંકો વળે કે બોજો ઉપાડ્યા પછી તે પાછો સીધો થાય નહિ, અને તેમજ પૂલ એટલો વાંકો વળે કે ટ્રેન ગયા પછી પાછો સીધો થાય નહિ. એમ બનેછે ત્યારે પ્રત્યેક વાર તેટલો ભાર ભરતાં મેડાનું કૌવત કમી થતું જાયછે, અને દર વખતે તે પૂલ ઉપરથી ટ્રેન જાયછે તેવારે પૂલની મજબૂતી ઘટે છે. વસ્તુતઃ તેઓ વધારે વધારે વાંકા થતા જશે, અને અંતે તુટશે. માટે મિસ્ત્રી કે ગર્ડરે તથા ઇજિનેરે ખૂબ સંભાળ લેવી કે તેની બાંધણી **સંપૂર્ણ સીધી થઇ શકે તેથી વધારે કદી વાંકી થાય નહિ.**

**૧૭. ઘર્ષણ.**— બળો વિષે કહેવું પૂરૂં કરવાની પહેલાં ઘર્ષણ વિષે થોડુંક કહીશું. ટેબલ ઉપર બહુ ભારે વજન મૂકીએ તો તેને ખસેડતાં ઘણું જબરૂ બળ જોઇએ, તથાપિ ટેબલ લાકડાને ઠેકાણે આરસની હોય તો મમ ઓછા બળથી તેજ વજન ખસેડી શકાય, અને જો તે બોજો *બરફના પૃષ્ઠ ઉપર હોય તો તેથીએ ઓછા બળથી તેને ખસેડી શકાય. ભારે વજનને ખસેડવામાં કે ઘસડવામાં જે બળ હરકત કરેછે તેને **ઘર્ષણ બળ** કહેછે. આગળ કહ્યું તેમ બીજાં બળો વિના જેમ આપણી માઠી દશા થાય તેમ ઘર્ષણ વિના પણ લગભગ તેવી થાય; કેમકે જો ઘર્ષણ ન હોય તો આપણે સદા *બરફ પર ચાલતા હોઇએ તેમ થાય; અને જ્યાં જરાએ ઢાળ હોય, ત્યાં કાંઈ ઊભું રહી શકે નહિ, દરેક ચીજ તળીએ સરી જાય.

---

* તળાવ, નદી, વગેરેનાં પાણી ઠરી બરફ બને ત્યારે તેનું પૃષ્ઠ એટલું લીસું થાયછે કે ચાલતાં સરી પડવાની ધાસ્તી રહેછે. ભા.ક.

## प्रवाहीना गुणो के लक्षणो.

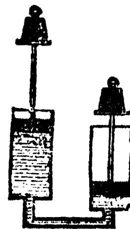
**૧૮. तेओ पोतानुं कद जाळवी राखेछे**·—પ્રવાહીના ઉદાહરણ પાણીના રજકણોને આપણે સહેલથી હલાવી શકીએ, પરંતુ પાણીના કોઈ પરિમાણને હરકોઈ ઉપાયથી ઓછા કદનું કરી શકતા નથી, અથવા શેરના માપામાં જેટલું પાણી માય તેટલાને અચ્છેરના માપામાં મવરાવી શકતા નથી.

**प्रयोग ११ मो**.—તોપણ આપણે અજમાવી જોઈએ અને શું થાયછે તે જાણીએ, કેમકે જ્યારે પ્રયોગ કરી શકાય ત્યારે તે કર્યા વિના રહેવું નહિ. એક છેડે બંધીઆર નળીમાં પાણી રેડીએ અને બીજે ખુલ્લે છેડે પાણીને જવાનો માર્ગ ન આપે એવો દાંડાવાળો દાટો દઈએ. એ પાણી ઓછા અવકાશ રોકે તેમ કરવાને એ દાટાને નીચો ઉતારવાનો યત્ન કરીએ, અને તેમ કરવાને તેની ઉપર મોટું વજન મુકીએ; પણ એથી પાણીને સંકોચી શકતા નથી.

**૧૯. तेओ उपर एक तरफथी करेला दबाणनी असर बधीमेर थायछे.**

**प्रयोग १२ मो**.—આ પ્રયોગમાં પાણીને બે પિસ્ટન એટલે દાટાથી બંધીઆર કરીએ. એક દાટાને નીચે ધકેલવાથી બીજો દાટો ઊંચો ચઢેછે. એમાંના પ્રત્યેકના ઉપર દશ શેર ભાર મૂકીએ તો એક બીજાને સમતોલ રાખશે અને એકે ખસશે નહિ.

**प्रयोग १३ मो**.—સાતમી આકૃતિમાં છે તેમ ગયા પ્રયોગમાં બંને દાટા ઊભા હતા; પણ હવે એક દાટાને ઊભો અને બીજાને આડો (ક્ષિતિજની દિશામાં) રાખીએ અને એક સાદી યુક્તિથી દશ શેર ભાર એ આડા દાટાને લગાડીએ. એટલુંજ વજન ઊભા દાટાને લગાડવાથી આડા દાટાને લગાડેલો દશ શેર ભાર પૂરો તોળાઈ રહેશે. પરંતુ જો આપણે ઊભા દાટાને બાર શેર ભાર લગાડીએ તો આડો દાટો હઠી



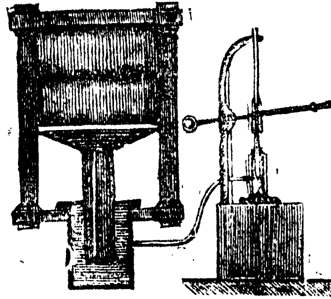
આકૃતિ ૭ મી.

જશે; અને તેમ જો આડા દાટાને બાર શેર ભાર લગાડીએ તો ઊભો દાટો હઠી જશે. એમ ઊભા દાટાને લગાડેલા દશ શેર ભારના નીચલી મેરના દબાણ બળને તેટલુંજ આડું અને બહારની મેરનું બીજા દાટાને લગાડેલું બળ પાણીની મારફતે કરી શકાય. એમ તમે જોયું કે પાણી જેવા પ્રવાહી પદાર્થપર થયેલું દબાણ બળ બધી દિશાઓમાં લાગેછે. આ સત્ય **પાસ્કાલ** નામે વિદ્વાને શોધ્યું હતું.

**प्रयोग १४ मॊ.**—આ પ્રયોગમાં બે ઊભા દાટા છે, પરંતુ તેઓ-માંના એકનું પૃષ્ઠ બીજાથી બમણું છે. એમાંના નાના દાટા ઉપર દશ શેર ભાર મૂકીએ તો તેથી તે મોટા ઉપર દશ શેર ભાર રાખવાથી તોળાશે નહિ. એ નાના ઉપરના દશ શેર ભાર-ને તોળવાને મોટા ઉપર વીશ શેર ભાર રાખવો પડશે. તેમજ જો એ મોટાનું પૃષ્ઠ નાનાના પૃષ્ઠથી ત્રમણું હશે તો નાના ઉપરનો દશ શેર ભાર મોટા ઉપરના ત્રીસ શેર ભારને તોળશે. માટે એક દાટાપર નીચલી મેર થતું દબાણ બીજા દાટા ઉપર ઉપલી ગમ દબાણ કરેછે (ઉપલીમેર ધકેલેછે) એટલુંજ નહિ, પરંતુ એમ ઉપલી ગમ થતું દબાણ મોટા દાટાના પૃષ્ઠના પ્રમાણમાં થાયછે; તેથી જો એક દાટાનું પૃષ્ઠ બીજાથી ત્રણ ગણું હોય તો ત્રણ ગણા બળથી ઉપર ધકેલાશે.

**२०. जलसंकोचनयंत्र.**—પાણીનો આ ગુણ ઘણો કીમતી છે. બહુ બળવાન યંત્ર બનાવવામાં તેનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો છે. એ સંચો પ્રથમ **બ્રામાહ** નામે પુરૂષે રચ્યો તે પરથી તેને **બ્રામાહ સંકોચક યંત્ર** કહેછે. આ નીચે તેની આકૃતિ દર્શા-વીછે. રૂની બે ગાંસડીઓને જેમ બને તેમ સંકોચી નાની કરવીછે. એક સ્થળેથી બીજે સ્થળે કે એક દેશાથી બીજે દેશ લઈ જવાને તેઓનું કદ જેમ નાનું હોય તેમ વધારે અનુકૂળ પડેછે, કેમકે તેથી તેઓ ઓછી જગ્યા રોકેછે. એ સંચાના ચિત્રમાં બે દાટા છે, એક મોટો અને એક નાનો—તેઓ-માંના મોટાનું પૃષ્ઠ, કે ક્ષેત્રફળ, નાનાથી સોગણું છે માટે

નાના ઉપરના એક ટન બોજાને તોળવાને મોટા ઉપર સો ટન બોજો મૂકવો પડશે. એ સો ટન બોજો ન મૂકીએ તો તે (મોટો દાટો) સો ટનના અતિ ભારે બળથી ઊંચો ચડશે, અને તેટલા જોરથી રૂની ગાંસડીઓ ઉપર દબાણ કરશે, અને તેઓ તેથી બહુજ સંકોચાઈ જશે. અલબત આ પ્રકારના



આકૃતિ ૮ મી.

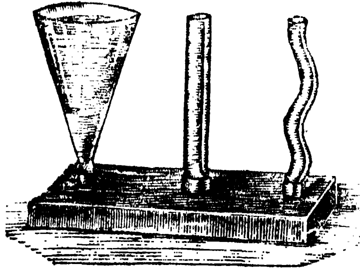
યંત્રમાં તેનો દરેક ભાગ ઘણો મજબૂત અને સજડ હોવાની જરૂર છે. તેમ ન હોય તો હરકોઈ તડ કે સાંધામાંથી અથવા નબળા ભાગને તોડી અતિબળથી પાણી બહાર ધસી આવશે.

૨૧. **પ્રવાહી પદાર્થોનાં પૃષ્ઠો હમેશ સપાટ હોયછે.**—પ્રવાહી વસ્તુઓનો બીજો ગુણ એ છે કે તેઓ સદા એવા ગોઠવાયછે કે તેઓનાં પૃષ્ઠ સપાટ રહે. તમારા જોવામાં ઝટ આવશે કે કોઈ પ્રવાહીનું પૃષ્ઠ ત્રાંસું હોઈ શકે નહિ, કેમકે ત્રાંસું હોય તો તેનો જે ભાગ ઊંચો હોય તે, ઘર્ષણ ન હોવાથી, નીચલા ભાગ ભણી સરી જશે. ભૂમિતિવેત્તા તમને એમ કહેશે કે પાણીના પૃષ્ઠ ઉપર ઓળંબો રાખીએ તો તે પૃષ્ઠ ઉપર તે ઓળંબાની દોરી લંબ થશે; અર્થાત્ તે પૃષ્ઠની તરફ હરકોઈ દિશામાં ત્રાંસી નહોતાં સીધી ઊભી રહેશે. આ સત્ય ઘણા સાદા પ્રયોગથી દેખાડી શકાયછે.

**પ્રયોગ ૧૯ મો.**—સીસામાંનો સઘળો પારો કોઈ ચપટા વાસણમાં રેડો, અને વાસણને સપાટ રાખી તેનું તળીયું પારાથી ઢંકાઈ જવાદો. હવે તે વાસણ ઉપર ઓળંબો લટકાવી જોશો તો જણાશે કે ઓળંબાનું પ્રતિબિમ્બ અને ઓળંબો એક દિશા-

માં છે, અને તેથી આળંબો પારામાં નીચે ઉતર્યો હોય એમ જણાયછે. એ દર્શાવેછે કે આળંબો પૃષ્ઠ ભણી ત્રાંસો નથી; કેમકે જો ત્રાંસો હોય તો આળંબો અને તેનું પ્રતિબિંબ એક લીટી ન બને.

**प्रयोग १६ मां.**—પ્રવાહી વાંકી નળીમાં હોય તોએ તેમાં તે સપાટ પૃષ્ઠવાળું હોયછે. નીચેના ચિત્રમાં ડાબા હાથ ભણી- માંના પાણીના પૃષ્ઠની સપાટી જમણા હાથ ભણીની નળીના પાણીના પૃષ્ઠની સદા સમાન રહેવાની. નળીનો આકાર હરકોઈ તરેહનો હોય તોએ એમજ થવાનું. આ વિચિત્ર રૂપની નળીઓમાં પાણી ભરવાથી તમારી એ વિષે ખાતરી થશે. જુઓ બધી નળીઓમાં પાણીની સપાટી એકસરખી છે.

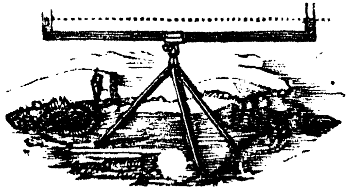


આકૃતિ ૯ મી.

**૨૨. जळसपाटी.**—ઉપલી આકૃતિમાં તમે જળસપાટી જુઓછો તે વિષે હવે હું કહુંછું. નળીને બંને છેડે પાણીના મથાળાની લીટીમાં જોઉં તો હું જાણુંછું કે હું સપાટ લીટીમાં જોઉંછું, અને મારી પાસેનાં બધાં બિંદુઓ એ લીટીમાં જોઉં- છું. તેઓ પૂરેપૂરાં એકજ સપાટીમાં છે. જો રેલ આવે તો તે એ સઘળાંને એકે વખતે પહોંચે.

કિયાં બિંદુઓ એક સપાટીમાં છે તે જાણવું ઘણીવાર બહુ અગત્યનું હોય છે; જેઓ નહેર કે રેલવે બનાવેછે તેઓને એ જાણવાની જરૂર છે, અને તે જાણવા માટે કોઈ પ્રકારના

સપાટીદર્શક યંત્રની તેમને ગરજ છે. જે પ્રકારનું યંત્ર તેઓ



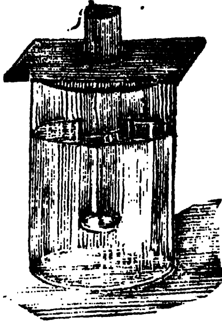
આકૃતિ ૧૦ મી.

વાપરેછે તેને **સ્પિરિટ-લેવલ** એટલે મદ્યાર્ક સપાટી કહેછે: આપણે જેનું વર્ણન કર્યું તે **વાટર-લેવલ** એટલે જળસપાટી છે.

**૨૩. ઊંડા પાણીનું દબાણ.**—હવે આપણે પાણીથી ભરેલું કાંઈક ઊંડું વાસણ લેઇએ. તમારા જોવામાં તુર્ત આવશે કે એના તળીઆની નજીકના પાણીના થરો, તેઓની ઉપરના સઘળા પાણીના ભારથી દબાયલા છે, માટે પૃષ્ઠથી જેમ તેઓ વધારે નીચાણમાં હોય તેમ તેઓની ઉપર દબાણ વધારે હોય. પૃષ્ઠથી બે ફુટ નીચેના થરોઉપર એક ફુટ નીચેના થરોથી બમણા પાણીનું દબાણ હોયછે; બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ઊંડાઇના પ્રમાણમાં દબાણ હોવાનું.

**પ્રયોગ ૧૭ મો.**—એ દબાણ બધી મેર થશે, જેમ નીચલી ગમ થશે તેમજ ઉપલી ગમ અને બાજૂઓ ઉપર. આ દેખાડવાને આ વાસણમાં પાણી ભરીએ, અને મથાળાની પાસે બાજૂએ કાણું છે તેનો ડૂચો છે તે કાઢી લેઇએ. તમે જુઓછો કે બાજૂ ઉપર દબાણ થાયછે તેણે કરીને પાણી હડસેલાઈ બહાર આવેછે, પણ બહુ જોરમાં નથી આવતું: તળીઆની સમીપના બાકાને ડૂચો છે તે હવે કાઢી લેઉંછું, એટલે તમે દેખોછો કે ઉપરના પાણીના ઘણા ભારને લીધે દબાણનું બળ ઘણું વધારે છે, અને તેથી પાણી ઘણા બળથી ધસી આવેછે. એમ બાજૂઓપરનું દબાણ બતાવ્યું. હવે હું તમને દેખાડુંછું કે ઉપલી મેર પણ દબાણ છે. એ માટે હું આ કાચની પહોળી ભુંગળી લઉંછું. એ બંને તરફથી ખુલ્લી છે, પણ એને બે-

સતું આવે એવું છૂટું તળીયું મારી પાસે છે તે બેસાડું છું. એ તળીઆને આ દોરી બાંધેલી છે તેવડે હું એને સપાટ બેઠેલું રાખી શકુંછું. એ દોરી વડે ઝાલી હું ભુંગળીને પાણીના વાસણમાં પૃષ્ઠની નીચે બોળુંછું. હવે હું દોરીને મૂકી દઉંછું તોપણ તળીયું પડી જતું નથી તેનું કારણ એ કે તેના ઉપર પાણી ઉપલી મેર દબાણ કરેછે. હવે એ ભુંગળીમાં ગળીવાળું વાદળી રંગનું પાણી રેડુંછું તોએ તળીયું ઊંચકાયલું રહેછે. ભુંગળીમાં એ પાણીની સપાટી તેના બહારના પાણીની લગભગ સપાટી બરોબર થશે ત્યારેજ એ તળીયું વછૂટું પડી નીચે પડશે, કેમકે તેવારે એ છૂટા તળીઆને પાણીનું ઉપર ભણીનું દબાણ છે તેની બરો-બર ભુંગળીમાંના રંગિત પાણીનું નીચલી ગમનું દબાણ થશે.



આકૃતિ ૧૧ મી.

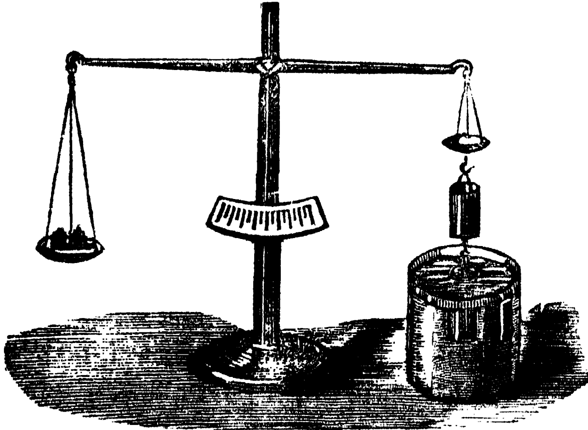
જો તમારામાંનું કોઇ હોડીમાં બેશી ઊંડા પાણીપર જશો તો બહુ ઊંડાણમાં પાણીનું દબાણ ઘણું છે તેની પોતે ખાતરી કરી શકશો. કોઇ સાધારણ સીસો લેઈ તેનો ત્રણચતુર્થાંશ ભાગ પાણીથી ભરો; પછી તેના મોઢામાં બૂચ મજબૂત ઘાલી તેને ગળે લાંબી દોરી બાંધી તે દોરી હાથમાં પકડી રાખી સીસાને ઊંડા પાણીમાં ફાંસો. જો તેને પૂરતા ઊંડાણમાં ઉતરવા દેશો તો બહારના પાણીનું દબાણ એટલું જબરૂં થશે કે બૂચને સીસાની અંદર ધુસાડી દેશે, અને તમે સીસાને ઉપર ખેંચી લેશો તેવારે તેને પાણીથી ભરેલો અને બૂચ અંદર ગયેલો જોશો.

**૨૪. पाणीनी तारक शक्ति.**—હવે આપણે પાણીની તારક શક્તિ એટલે ઊંચકવાના બળ વિષે બરોબર વિચાર સંપાદન કરવાનો યત્ન કરીએ. એ કરવાને માટે એક બે પ્રયોગ કરીએ.

**प्रयोग १८ मो.**—આપણે ૯ મી કલમમાં કાંટો કહ્યોછે તે લેઈ-

એ, અને તેવડે તોળી શકાય તેમ તેને ગોઠવીએ. આ મારા હાથમાં વસ્તુ છે તેને પાણી બહાર હવામાં જોખીએ. જુઓ એ એક હજાર ગ્રેન થાયછે. હવે એને જમણા પલ્લાની કડી છે તેમાં ભેરવી પાણીમાં તોળીએ. કેટલું તોલ થાયછે? એમાં કાંઈએ ભાર છેજ નહિ. પાણીની બહાર એનું તોલ એક હજાર ગ્રેન હતું તેટલા ભારનાં કાટલાં જમણા હાથના છાબડામાં મૂકીએ. એથી કાંટો સમતોલ રહેછે.

**प्रयोग १९ मो.**—તો શું આપણે એમ ધારવું કે પાણીમાં એ ચીજનું વજન તદન જતું રહેછે? એમ છે કે નહિ તે જાણવાને બીજો પ્રયોગ કરીએ. પ્રથમ હું આ પાત્રમાં કેટલુંક પાણી રેડુંછું, અને એ પાણી સાથે એને એક પલ્લામાં મૂકુંછું, અને તેને જોખવાને સામા પલ્લામાં કાટલાં મૂકુંછું. બે છાબડાં તોળાઈ રહ્યાંછે. હવે એ વાસણના પાણીમાં આ ૧૦૦૦ ગ્રેનના ભારવાળી વસ્તુ મૂકુંછું. જુઓ શું થયું? પાણીમાં તેને મૂકવાથી ભાર વધી ગયો. કાંટાને સમતોલ કરવાને સામા છાબડામાં ૧૦૦૦ ગ્રેનનું કાટલું મૂકવું પડેછે. પાણીની બહાર એ વસ્તુનું



આકૃતિ ૧૨ મી.

વજન એટલુંજ હતું; એમ તમે જુઓછો કે તેનું વજન વાસ્તવિક જતું રહ્યું ન હતું. એનો ભાર તેટલોજ છે; અર્થાત્ પાણીમાં તેને મેલવાથી પાણીનો ભાર ૧૦૦૦ ગ્રેન વધ્યો, પરંતુ પાણી ઉપલી મેર દબાણ કરેછે તેણે કરીને તેમાં તારક શક્તિ છે તેવડે તે વસ્તુનો ભાર લઈ લીધો હોય એમ જણાયછે.

**પ્રયોગ ૨૦ મો.**—જુઓ આ પીતળનો દાંડો છે (આ. ૧૨ મી) અને તે આ પવાલામાં તળીઆ પર્યંત પૂરો બેસતો આવેછે. જમણા હાથના પલ્લા નીચે આંકડી છે તેમાં ભેરવી તેને અને પવાલાને તોળીએ. કાંટો સમતોલ થયોછે. હવે એ દાંડાને વાયુમાં નહિ, પણ જળમાં તોળીએ. જમણા પલ્લાની તળે પાણી ભરેલું વાસણ મૂકી તેમાં દાંડો એટલો ઉતરે કે તેની ટોચ ઉપર પાણી ફરી વળે. એથી જમણા પલ્લાનો ભાર ઓછો થઈ જવાથી ત્રાજવું ડાબી મેર નમ્યું. પાણીમાં જોખવાથી પીતળના દાંડાનો ભાર ઓછો થયો છે, પણ બિલકુલ ગયો નથી. કેટલો ભાર ઓછો થયોછે તે જાણવાને જમણા પલ્લાની તળે ખાલી પવાલું છે તેમાં પાણી રેડીએ. છલાછલ ભરાયું એટલે ત્રાજવાની દાંડી સમધારણ થઈ તે જોઈ લો. પીતળના દાંડાને પાણીમાં તોળવાથી તેનું જેટલું વજન ઓછું થયું તેટલું પવાલામાં ભરેલા પાણીએ પૂરૂં પાડ્યું. એ દાંડો પવાલામાં બરોબર માઈ રહેછે, માટે એ પવાલાને પૂરૂં પાણીથી ભરવાથી તેના (દાંડાના) કદ જેટલું પાણી જમણી તરફ ઉમેર્યું અને તેથી કાંટો સમધારણ થયો. એ ઉપરથી આપણે જાણ્યું કે પીતળના દાંડાને પાણીમાં રાખી જોખવાથી તેના કદની બરોબરના પાણીના ભાર જેટલોજ તેનો ભાર કમી થયો. આને હરકોઈ બીજી વસ્તુને લગાડી શકીએ, અને કહી શકીએ કે હરકોઈ વસ્તુને પાણીમાં રાખી તોળતાં તેના કદની બરોબરના પાણીના ભાર જેટલું વજન તેમાંથી ઘટશે.

**૨૯. પાણીમાં ભારનું ઘટવું.**—એનો અર્થ શો તેની હવે તપાસ કરીએ. એનો અર્થ એ કે જે પદાર્થને પાણીમાં બોળીએ

તેનો ભાર સરખે કદે પાણીના ભારથી વધારે હોય, (પીતળના દાંડાનો હતો તેમ) તો તેના કદના જેટલા પાણીનો જેટલો ભાર હોય તેટલો ભાર તેમાંથી ઘટશે, પણ તે સરખે કદે પાણીથી ભારે છે માટે તેનો સઘળો ભાર જતો રહેશે નહિ. તેનામાં એમ ભાર બાકી રહેવાથી તે ડુબી પાણીને તળીએ બેસશે.

**प्रयोग २१ मों.**—પરંતુ જે વસ્તુનો ભાર સરખે કદે પાણીના ભારની સમાન હોય (૧૮ મા પ્રયોગમાં દર્શાવ્યું તેમ) તો પાણીમાં તેનું બધું વજન જતું રહેશે, અને તે ડૂબશે નહિ. જુઓ એવી એક વસ્તુ મારી પાસે છે તેને પાણીમાં મેલુંછું. એ પાણી ઉપર તરતીએ નથી અને પાણીમાં ડૂબતીએ નથી, અને તેમાં જાણે ભાર હોય નહિ તેમ હરકોઈ મેર ફરેછે.

સરખે કદે જે વસ્તુ પાણીથી હલકી છે તેનું શું થાયછે તે હવે જોઈએ. તમે પૂછી શકો કે તે પોતાના ભાર કરતાં વધારે ભાર કેમ ખોઈ શકે? તો એવું હોય તે વારે શું બને તે પ્રયોગ વડે જાણીએ.

**प्रयोग २२ मों.**—આ મારી કને લાકડાનો કકડો છે. એ સરખે કદે પાણીથી હલકો છે. હું એને પાણીમાં બળાત્કારે ડૂબાવી છોડી દઉંછું. પણ પાણીની તારક શક્તિને લીધે તેનું ઉપલી મેરનું દબાણ એ લાકડાના ભારથી વધારે હોવાથી તે ઉપલી ગમ ધકેલાયછે, અને પાણીના પૃષ્ઠ ઉપર તરેછે.

આ સઘળા પ્રયોગો ઉપરથી આપણે નિર્ણય કરી શકીએ તે આ છે,-પ્રથમ, હરકોઇ પદાર્થને પાણીની અંદર બોળ્યો હોય ત્યારે તેના કદના જેટલા પાણીના ભારની સમાન તેનું વજન ઘટેછે, અને બીજું, તે જો સરખે કદે પાણીથી ભારે હોય તો પ્રથમ કહ્યું તે કારણથી તે પાણીની અંદર બૂડશે; પરંતુ જો સરખે કદે તેનો ભાર પાણીના ભારની બરોબર હશે તો તે ડૂબશે નહિ; પણ જો સરખે કદે પાણીથી હલકો હશે તો તે તરશે.

**२९. सापेक्ष घटत्व.**—સરખે કદે હરકોઇ વસ્તુ પાણીથી કેટલી

વધારે ભારે છે તે કહેવાની રીત આપણે હાથ આવીછે તે હું તમને હમણા બતાવવા ઇચ્છુંછું.

**પ્રયોગ ૨૩ મો**.—ધારો કે આપણી કને સોનાની નાની ઢાળકી છે તેને વામાં તોળતાં બરોબર ૧૯ ગદીઆણા (રતી, વાલ કે ગ્રેન જે લેઇશું તે પણ ચાલશે) થાયછે—એ તેનું વજન છે. પછી તેને પાણીમાં તોળીએ છીએ તો તે માત્ર ૧૮ ગદીઆણા થાયછે તેથી તેના ભારમાં એક ગદીઆણો ઘટ્યો જણાયછે. એ ઘટ તેના કદની સમાન કદના પાણીનું વજન છે. માટે તે વજન એક ગદીઆણો છે. તથાપિ સોનાનું વજન ૧૯ ગદીઆણા છે, તેથી તેના કદની સમાન કદના પાણીથી તે ૧૯ ગણું ભારે છે. સોનાનું **વિશેષ ગુરૂત્વ** ૧૯ છે એ કહેવાનો અર્થ એ છે. સોનાના કકડાનું કદ ગમે એટલું હોય કે તેનો આકાર ગમે એવો હોય, તથાપિ તેને આજ લાગુ પડેછે—અર્થાત્ તેને જોખવાથી તે પાણીથી ૧૯ ગણું ભારે થવાનું. પણ કોઈ માણસ આપણા હાથમાં કાંઈ ચીજ આપે તે સોના જેવી દેખાય પણ ખરૂં સોનું ન હોય તો તેને પાણીમાં તોળવાથી તેના કદના જેટલા પાણીથી તે ૧૯ ગણું ભારે નહિ થાય એ નિઃસંશય છે. **વિશેષ ગુરૂત્વ** કે પદાર્થોનું સાપેક્ષ ઘટત્વ કાઢવાની રીતની શોધ, બે હજારથી વધારે વર્ષોની પૂર્વે **આર્કિમેડેસ** નામે વિદ્વાને કરી હતી. **સયરાકુસ**ના રાજા **હિએરોએ** સુવર્ણનો મુગટ ઘડાવ્યો, ત્યારે તેને શક આણવાનું કારણ મળ્યું કે સોનીએ આપેલા સુવર્ણમાંથી કેટલુંક ચોરી લેઈ તોલ મેળવવાને અંદર રૂપું ભેળ્યું છે, પણ શક ખરોજ છે કે ખોટો તેનો નિશ્ચય કરવાનો કોઈ રસ્તો તેને સૂઝ્યો નહિ, માટે આ અડચણની વેળાએ તેણે **આર્કિમેડેસ**ને બોલાવ્યો. એવી કથા છે કે એ કામ કરવાનું માથે લીધા પછી એક દિવસ તે નહાવા ગયો હતો ત્યાંથી તુર્ત કેવળ નવસ્ત્રો બહાર નીકળી **યુરેકા, યુરેકા** એમ મોટેથી બોલતો પોતાના ઘરભણી દોડ્યો.

"યુરેકા" શબ્દનો અર્થ તે મને જડ્યું એવો થાયછે.*. ઘેર જઈને તેણે સોનાની ઢાળકી લીધી. એમાં નવું સુવર્ણ હતું, કશો ભેગ ન હતો એ તે જાણતો હતો. તેને પાણીમાં જોખવાથી તેના ભારમાં એક ઓગણીશાંશ ઘટ આવી. આપણે જેમ તર્ક કર્યો તેમ તેણે એ ઉપરથી કર્યો કે સરખે કદ પાણીથી ચોખ્ખું સોનું ઓગણીસ ગણું ભારે છે. પછી તેણે રાજાના મુગટને પાણીમાં મેલ્યો તો માલૂમ પડ્યું કે તેમાં એક ઓગણીશાંશથી વધારે ઘટ પડી. એપરથી નિર્ણય કર્યો કે તે સાફ સોનાનો ન હતો, અને તે ઉપરથી સોનીને સોનું ચોરવાની સજા થઈ તે વાજબી હતી એમાં સંદેહ નથી.

**૨૭. બીજા પ્રવાહીઓની તારક શક્તિ.**—પાણી ઉપરાંત બીજા પ્રવાહીઓમાં પણ તારક શક્તિ છે. પ્રત્યેક પ્રવાહીને પોતાની ખાસ તારક શક્તિ છે. મદ્યાર્ક કે ઈથર જેવા ઘણા હલકા પ્રવાહીને બીજાને મુકાબલે ઘણી થોડી છે; પરંતુ પારા જેવા ભારે પ્રવાહીમાં ઘણી છે. આ વિષે તમારી ખાતરી કરવાને આ વાસણમાં હું પારો રેડુંછું, અને એ પારા ઉપર આ લોઢાનો કકડો મેલુંછું,—જુઓ લોઢું એ ઉપર તરેછે, અને દર્શાવેછે કે સરખે કદ તે પારાથી હલકું છે. પણ સોનું પારાથી ભારે છે. વસ્તુતઃ સમાન કદ પારો પાણીથી સાડાતેર ગણો ભારે છે; પરંતુ હવણા તમે જોયું કે સોનું સમાન કદ પાણીથી ઓગણીસ ગણું ભારે છે.

મીઠા પાણીથી ખારૂં પાણી કાંઈક વધારે ભારે છે; અને **પાલેસતાઈનમાં મૃત સમુદ્ર** નામે સરોવર છે તેનું પાણી એટલું ખારૂં છે, અને તેથી એટલું ભારે છે કે તેમાં પડેલું આદમી ડૂબતું નથી.

---

* **સયરાકુસ** શહેરમાં **ગ્રીક** લોક વસતા અને રાજા હિએરો તથા પંડિત **આર્કિમેડેસ** ગ્રીક હતો. એ લોકમાં હમામખાનામાં નહાવા જવાનો ચાલ હતો, અને ઓરડા વાર્શા માંહે નાગા નહાતા **યુરોપમાં** અદ્યાપિ એ પ્રમાણે સ્નાન કરવાનો રિવાજ છે. ભા. કર્તા.

૨૮. केशाकर्षण.—પ્રવાહીઓનો વિષય છોડયાની અગાઉ, પાણી પોતાની સપાટીથી ઊંચ ચઢેછે તે જણાવવું જોઈએ. આ બિના પ્રખ્યાત છે.

प्रयोग २४ मो.—ખાંડના ગાંગડાનો નીચલો છેડો માત્ર પાણીના પૃષ્ઠને અડકે એમ તેને પાણીની ઉપર ધરીએ તો ઝટ તે આખો પલળી જશે. બ્લાટિંગ પેપર (સાહી ચુસનાર કાગળ) ને કે રૂની વાટને પણ તેમ ધરવાથી પાણી પોતાની સપાટીથી ઊંચ તેઓમાં ચઢશે.

પણ ખાંડના ગાંગડાને કે બ્લાટિંગ પેપરને તેમ પારા ઉપર ધરીએ તો પારો તે ગાંગડામાં કે કાગળમાં ઊંચો ચડશે નહિ; તે પરથી જણાયછે કે એ પ્રવાહીઓ, પાણી અને પારો, તેઓની જોડે ભિન્ન રીતે વર્તેછે. પ્રથમ તો પાણી તેઓમાં ચડેછે, અને ચડેછે એટલુંજ નહિ, પણ ત્યાં તે રહેછે; પારો તો ચડતોજ નથી, અને તેઓને ભીજવતો નથી; પારો ખાંડમાં ચડે એટલું આકર્ષણ તે બેની વચ્ચે નથી, તથાપિ રૂપાના કે સોનાના પૃષ્ઠને પારો ચોંટેછે, કારણ કે તે ધાતુઓને માટે તેનામાં આકર્ષણ છે.

## ग्यासो (वायुओ) ना गुणो.

૨૯. वानुं (हवानुं) स्वाण.—ગ્યાસોમાં પ્રવાહીના જેવા ઘણાક ગુણો છે, તેમ એક એકથી જુદા ગુણો પણ બેઉમાં છે. પ્રવાહીને પૃષ્ઠ હોયછે, તેથી તમે સીસાને અર્ધો ભરીને તે પ્રવાહીને તે સીસાની માંહેની બાજુઓ જોડે હલાવી શકશો. પરંતુ કોઈ ગ્યાસને તેમ નહિ કરી શકો. દૃષ્ટાંતને માટે મારી કને કુક્કો છે, તેમાં ગ્યાસ છે, પણ તેથી તે બધો ભરાઈ ગયલો છે, તેના થોડા ભાગમાં માત્ર તે નથી. વસ્તુતઃ વાયુરૂપી પદાર્થ (ગ્યાસ) ને સકળ ખાલી જગ્યા (અવકાશ) માં ફેલાઈ જવાની તીવ્ર ઉત્કંઠા છે અને તેમ કરવાને બળથી પ્રયત્ન કરશે.

प्रयोग २५ मो.—આ હું ઘણા સાદા પ્રયોગથી સિદ્ધ કરી શકું છું. મારી કને આ એર-પંપ (વાયુશોષક યંત્ર) છે. એનું વર્ણન

હું પછી કરીશ; હાલ તો હું તમને એ વિષે એટલું કહુંછું કે આ કાચની હાંડીમાં વાતાવરણની હવા છે તેને એ યંત્ર વડે બહાર કાઢી નાંખી શકાયછે. આ રબરની દડી માંહેથી પોલી હોઈ હવાથી ભરેલી છે. એને હું હાંડીની નીચે મુકુંછું. હવે હું એ હાંડીને ખાલી કરૂંછું, અર્થાત્ એમાંના વાયુને બહાર કાઢી નાંખુંછું; અને તેથી શું થયું તે જોયું? તે અંદરની દડી-માં હવા છે, પણ તેની આસપાસ નથી અને તેમાટે દડાની અંદરની હવા એ ખાલી જગ્યામાં ફેલાઈ જવાનું કરેછે, પરંતુ દડાને મોટો કરવાથી માત્ર તેમ કરી શકેછે. જેમ હું વાને કાઢતો જાઉંછું એટલે હાંડીને ખાલી કરતો જાઉંછું તેમ દડી વધારે મોટી થતી જાયછે. હવે હું હવાને પાછી અંદર જવા દઉંછું, અને તેણે કરીને દડી પોતાનું આગલું કદ પાછું ધારણ કરેછે.

**प्रयोग २६ मो.**—એજ બાબત બીજી રીતે પ્રયોગ કરીએ. આ કાચના પાત્રના મુખ ઉપર રબરનું ઢાંકણ સજડ બાંધેલું છે, અને તળીયું ખુલ્લું છે. એ તળીયું યંત્ર ઉપર સજડ બેસે તેમ એ પાત્રને ગોઠવુંછું. હવે પહેલાની પેઠે એ પાત્રમાંના વાયુને બહાર કાઢી એને ખાલી કરૂંછું. જેમ જેમ અંદરની હવા બહાર નીકળતી જાયછે તેમ તેમ બહારની હવા અંદરની ખાલી જગ્યામાં જવાનું કરવામાં રબરના ઢાંકણને નીચલી મેર દાબેછે અને પ્રયોગ પૂરો થયા પહેલાં એ દબાણનું બળ રબરના ઢાંકણને ફાડી નાંખી શકે તેટલું થઈ તેને કદાચ ફાડશે.



આકૃતિ ૧૩ મી.

**૩૦. वानो भार.**—એ પ્રમાણે તમે જુઓછો કે જે જગ્યા ખાલી હોય તેમાં વા બળે કરી બની શકશે તો ધુસશે, અને ખરૂં કહીએ તો હરકોઈ પાત્રમાંથી તમામ વાને કાઢી નાંખવાનું ઘણુંજ મુશકેલ છે. તોપણ તેમાંના રહેલા વાના ઘણા ભાગને

બહાર કહાડી શકાયછે. ઉદાહરણને માટે ૧૪ મી આકૃતિમાં


આકૃતિ ૧૪ મી.

દર્શાવેલું પાત્ર એવું છે કે તેને એરપંપને જોડી શકાય, અને તેમ કરેથી તેમાંની હવાને કહાડી નાંખી શકાય. એ પાત્રને તેમાંના વાની સાથે તોળવાથી અને વા કાઢી નાંખીને તોળવાથી માલૂમ પડેછે કે વામાં ભાર છે, કેમકે અંદરના વા સહિત તેનું વજન જેટલું થાયછે તે કરતાં વા કાઢી લીધા પછી એાછું વજન થાયછે.

**प्रयोग २७ मों.**—હવે હલકા ડબ્બાને, તળીયું નીચે રહે તેમ કાંટાપર જોખીએ. એ તોલ તે ડબ્બો અને તેમાંના વાતાવરણના વાનું થયું.

**प्रयोग २८ मों.**—આ ડબ્બાને એમ સમતોલ રાખી તેમાં કાર્બોનિક આસિડ ગ્યાસ નામે ભારે ગ્યાસને ભરીએ. એક જાતના વાને કાઢી બીજાને તેને ઠેકાણે આણવાની રીત એમ કરી શકાશે (યંત્રો વાપરવાની સૂચના જુઓ). એ રીત રસાયનવિદ્યાની પ્રથમ પોથીની ૩૩ મી કલમમાં જણાવીછે. તમે જુઓછો કે હવે કાંટો સમધારણ ન રહેતાં ડબ્બા ભણી નમ્યોછે, અને તેપરથી દર્શાવેછે કે પાત્રમાં સાધારણ હવા ભરેલી હતી તેવારે તેનો જેટલો ભાર હતો તેથી હવે ડબ્બાનો ભાર વધ્યોછે, અને કેટલાક ગ્યાસો બીજા ગ્યાસોથી વધારે ભારે છે.

**प्रयोग २९ मों.**—હાઈડ્રોજન ગ્યાસ બીજા બધા ગ્યાસોથી હલકો છે. આ ડબ્બાને ઊંધો એટલે તળીયું ઉપર રહે તેમ કાંટાની એક દાંડી જોડે વળગાડી સામી બાજૂએ કાટલાં મૂકી જોખીએ. કાંટો સમધારણ થયાપછી તેમાં હાઈડ્રોજન ભરીએ (એક ગ્યાસને ઠામે બીજા ગ્યાસને ભરવાની રીત પ્રમાણે કરવું). એ રીત રસાયનશાસ્ત્રની પ્રથમ પોથીની ૧૭ મી કલમમાં કહીછે. (વળી યંત્રો વાપરવાની સૂચના જોવી.) એમ હાઈડ્રોજન ભરેલી સામી દાંડી નમી દર્શાવશે

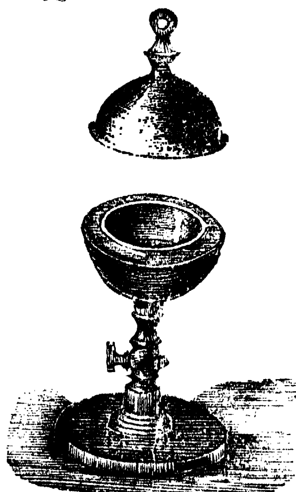
કે પાત્રમાં સાધારણ હવા હતી તેવારે તેનું જેટલું વજન હતું તે કરતાં હવણા ઓછું છે. પરંતુ તેમાં કાંઈ નહતું તેવારે તેનો જેટલો ભાર હતો તેથી વધારે છે. એ પરથી આપણને જ્ઞાન થાયછે કે વાયુના (ગ્યાસોના) રજકણો માંહોમાંહે એક બીજાને પોતાથી દૂર હડસેલતા જણાયછે, અને પોતાથી બની શકે તેટલા એક એકથી છેટે રહેવાનું કરેછે, અને જે પાત્રમાં તેઓ હોયછે તે આખામાં ફેલાઈ જાયછે, તથાપિ તેઓ ઉપર પૃથ્વીનું આકર્ષણ થાય છે અને તેઓમાં ભાર છે માટે વાતાવરણ પૃથ્વીને તજી જવાનું ભય નથી. એથી ઉલટું તે તો એક પ્રકારના મહાસાગરની પેઠે પૃથ્વીને વળગીને રહેછે અને એ વાયુના મહાસાગરને તળીએ આપણે વશીએ છીએ, અને હરીએ ફરીએ છીએ.

દબાણ અને ભારની બાબતમાં વાનો મહાસાગર પાણીના મહાસાગરના જેવો છે, અને તમને સાંભરતું હશે કે ૨૫ મે પાને તમને કહેવામાં આવ્યું હતું કે વાસણને તળીએ પાણીના દબાણનું જોર પાણીની ઊંડાઈ ઉપર આધાર રાખેછે, તેથી ઘણે ઊંડાણે દબાણ ઘણું હોયછે, અને એ દબાણ બધી દિશાઓમાં થાયછે.

તમને કહેવામાં આવે કે આપણા ઉપર હવાનું દબાણ ઘણું છે તો તમે સહજ પૂછશો કે,-તો દબાણ આપણને લાગતું કેમ નથી? અમે ઉત્તર દેઈએ છીએ કે તે લાગતું નથી તેનું કારણ માત્ર એ છે કે તે સઘળી દિશાઓમાં થાયછે, ઉપલી મેર, નીચલી મેર અને બાજૂઓપર. કાગળનો તા લો-એ તાને નીચે દાબવાને હવા તેની ઉપલી બાજૂએ બળ કરેછે એટલુંજ નહિ, પણ તેટલાજ બળથી તેને હેઠલે પાસે ઉપર ધકેલવાને દબાણ કરેછે, અને એમ હોવાથી તેના ઉપર વાતાવરણિક મહાસાગરનું દબાણ હોયજ નહિ તે પ્રમાણે તે છૂટથી ગમન કરી શકેછે. અને એજ કારણથી તમે અને હું છૂટથી હાલી ચાલી શકીએ છીએ તથા આપણને વાનું દબાણ લાગતું નથી. તોપણ વાનું દબાણ જાણી શકાય એવી તમારી ખાતરી એક સાદા પ્રયોગથી કરી શકવાની હું આશા રાખુંછું.

**પ્રયોગ ૩૦ મો.**—આ બે પોલા અર્દ્ધ ગોળા છે અને તેઓ એકએકને જોડતાં પૂર્ણ બેસતા આવેછે. એઓને જોડીને દાબીએ અને અંદર હવાને જવા આવવા દેવાના કાકને બંધ કરીએ. તમે હવે સહજ પૂછશો કે વાના દબાણથી તેઓ એક એકને ચોંટી કેમ નથી રહેતા? કારણ એ છે કે તેઓની અંદરના પોલમાં પણ વા છે, અને જેમ બહારનો વા તેઓને અંદરની મેર દાબેછે તેમ અંદરનો વા તેઓને બહારની ગમ દાબેછે. પરંતુ એ બેઅર્દ્ધ ગોળાને એરપંપ ઉપર બેસાડીએ અને અંદરના વાને કાઢી નાંખીએ, પછી સ્ટાપકાકને બંધ કરીને એરપંપથી તેઓને છુટા પાડીએ; હવે એ બે અર્દ્ધ ગોળાને છુટા પાડવા તમને ઘણા કઠણ પડશે, કેમકે બહારનો વા તેઓને એક એક જોડે ચાંપેછે, અને તે દબાણની સામું થનાર અંદરનું દબાણ નથી તેથી કરીને તેઓ એક બીજાને બહુ જોરથી વળગી રહ્યાછે.

હવા પ્રવાહી (ફ્લુઇડ) છે, અને તેને વજન છે તેથી

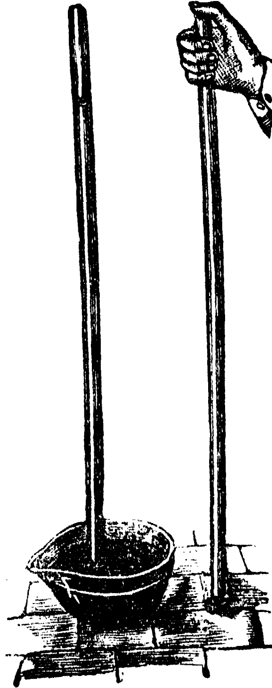


આકૃતિ ૧૫ મી.

તેનામાં કેટલીક તારણ શક્તિ છે, પરંતુ તે પાણીના જેટલી નથી,

માટે જો મોટા વાટવામાં કે મોટા કોથળામાં કોલ ગ્યાસ, અથવા તેથી વધારે ઠીક પડવાને હાઇડ્રોજન ભરીએ તો સરખે કદે તે હવાથી હલકો થશે અને તેમાટે તે તેમાં ઉંચે ચડશે. એવા વાટવા કે કોથળાને **બલૂન** કહેછે. બલૂન જો પૂરતું મોટું હોય તો તેની તળે ટાંગેલા નાના વાહનનો અને તેમાં બેઠેલા કેટલાક આદમીઓનો ભાર પણ તે ઝીલી શકે.

**३१. बेरोमीटर. प्रयोग ३१ मों.**—હવે આપણે આ કાચની નળી લઇએ. એ એક છેડે ખુલ્લી છે અને બીજે છેડે બંધ છે.



આકૃતિ ૧૯ મી.

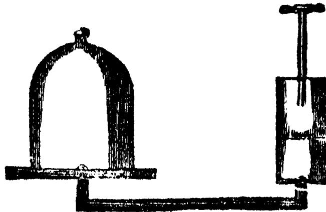
એમાં છેક ટોચ સુધી પારો ભરીએ અને ૧૯ મી આકૃતિમાં

દેખાડ્યું છે તેમ નળીના મુખપર અંગુઠો એવા જોરથી ચાંપી રાખીએ કે નળીને ઊંધી વાળતાં તેમાંનો પારો બહાર નીકળી શકે નહિ. આ પાત્રમાં પારો છે. એમાં નળીને એવી રીતે મૂકીએ કે પારાના પૃષ્ઠની નીચે તેનું મુખ જાય અને ત્યાં લગી તેને અંગુઠે બંધ રાખીએ. જુઓ આકૃતિમાં દેખાયછે તેમ એ નળીને વાસણમાં સીધી રાખી છે અને એનો ઉઘાડો છેડો પારાના પૃષ્ઠની નીચે છે. શું બનેછે તે હવે જુઓ. પારાવાળી ઊભી નળીની અંદર મથાળે કેટલોક ભાગ ખાલી દેખાયછે, અને તમારા મનમાં પ્રથમ એમ આવશે કે એ ભાગમાં હવા દાખલ થઈ હશે, પણ તેમ નથી. એ ખાલી અવકાશમાં બિલકુલ કાંઇ નથી. એ પછી તમને પૂછવાનું મન થશે કે વાતાવરણિક વાનું દબાણ બેશક બધી દિશાઓમાં છે, અને તે માટે વાસણમાંના પારાના પૃષ્ઠની ઉપર હોવું જોઇએ, તો એ ખાલી જગ્યા પૂરાઈ જાય તેમ તે પારાને ઉપર કેમ ધકેલતું નથી ? એનો જવાબ એ છે કે તેનાથી તેમ બને તો કરે; વાસણમાંના પારાના પૃષ્ઠ ઉપર વા એટલા બળથી દબાણ કરેછે કે તેથી ભારે પારો નળીમાં ત્રીસ ઇંચ પર્યંત ઊંચો રહેછે; એથી વધારે તેનાથી થઈ શકતું નથી—જેમ હવાનું દબાણ પારાની ઉપર ધકેલાય છે, તેમ પારાનો ભાર નીચલી ગમ દબાણ કરેછે તેથી એકએકને પ્રતિકૂળ કરેછે, અને તેણે કરીને પારાનો સ્તંભ નીચે આવી શકતો નથી, અને વાનું દબાણ તેને ઉપર ધકેલી શકતું નથી અને તેથી એ સ્તંભની ઉપર ખાલી જગા રહીછે. ઇટાલીનો **ટોરીસેલી** નામે વિદ્વાન આ પ્રયોગનો પ્રયોજક હતો તે પરથી એ અવકાશનું **ટોરીસેલી અવકાશ** નામ પડ્યું છે. નળી **બેરોમીટર** (ભારમાપક) કહેવામાં આવેછે. ઘણાંખરાં બેરોમીટરોપર ઇંચના માપના આંકડા લખેલા હોયછે તેઓ વડે પાત્રમાંના પારાના પૃષ્ઠથી પારાના સ્તંભની ટોચ કેટલી ઊંચી છે તે બરોબર માપી શકાયછે.

**૩૨. बॅरोमीटरना उपयोगो**—બેરોમીટર ઘણાં કામમાં આવેછે. ઉદાહરણ, એ વડે આપણે પર્વતની ઊંચાઈ કહી શકીએ.

પાને ૨૫ મે તમને કહેવામાં આવ્યુંછે કે પાણી ભરેલા ઊંડા પાત્રને તળીએ મથાળાથી વધારે દબાણ છે, અને આ વાયુ સાગરમાં આપણે રહીએ છીએ તેમાં પણ તેમજ છે-આ વાયુસાગરના મથાળાની પાસે દૂર ઊંચે જેટલું દબાણ છે તે કરતાં તળીઆની નજીક વધારે છે. માટે જો આપણે ઊંચા પર્વતની ટોચ જઈએ તો ત્યાં નીચે તળેટી કરતાં આપણા ઉપર હવાનો ભાર ઓછો છે, અને તેને લીધે પર્વતની તળેટીથી તેને મથાળે વાનું દબાણ ઓછું છે. તેથી પારાના સ્તંભને બેરોમીટરની નળીમાં જેટલી ઊંચાઈએ વા તળેટીએ રાખી શકેછે તેટલી ઊંચાઈએ મથાળે રાખી શકતો નથી. એમ હોવાથી તેમાં પારો ત્રીસ ઇંચ ઊંચે ન રહેતાં પર્વતની ઊંચાઈ પ્રમાણે પચીસ કે કદાચ વીસ ઇંચપર ઉતરી આવશે. વસ્તુતઃ જેમ તમે હવામાં ઊંચા ચઢતા જશો તેમ નળીમાં પારો નીચો ઉતરતો જશે; એમ તમે કેટલી ઊંચાઈએ ચડયા તે બેરોમીટરથી કહી શકશો. પવનનું તોફાન થવાની સૂચના પણ બેરોમીટરથી મળેછે. નળીમાં પારો નીચો ઉતરે, એટલે પારાની ટોચ નીચી પડે, અને વિશેષ કરીને ઉતાવળે પડે તેને વાવાઝોડું થવાની ચેતવણી સમજવી. જો પારાનો સ્તંભ અચળ અને ઊંચો રહે તો ચેતવું કે હવા સારી અવસ્થામાં રહેશે.

૩૩. **એરપંપ ( વાયુપંપ )**. કાચની હાંડીમાંથી વાને કાઢી



આકૃતિ ૧૭ મી.

લેવા વિષે કહેવામાં આવ્યુંછે. એ કામ એર-પંપથી થાયછે. આ યંત્ર કેમ ચાલેછે તે તમે આકૃતિપરથી જોઈ શકશો.

પ્રથમ મારે તમને "વાલ્વ" શું છે તે સમજાવવું જોઇએ. ખૂબ બેસતું આવે એવું એ ઢાંકણું છે, અને એક ભણી ઉઘડે છે–ઉદાહરણ ઉપલી ભણી. તમારામાંના ઘણાખરાએ માળની દાદર બારીઓ ઉપલી મેરજ ઉઘડતી જોઇ હશે. નીચેની આકૃતિમાં ડાબે પાસે વાથી ભરેલી કાચની હાંડી પાટ ઉપર ખૂબ બેસતી આવે એમ ઊંધી મૂકેલી છે. એ હાંડીની અંદર પાટના મધ્ય ભાગે ઉઘાડા મુખની નળી છે, અને તે નળીનું બીજું ખુલ્લું મુખ જમણી બાજૂએ નળામાં છે. એ જમણી બાજૂના નળામાં ઉપર નીચે આવજા કરે તેવો દાંડાવાળો ડાટો છે.

છેલ્લે તમારે જમણા હાથ ભણીના નળામાં બે વાલ્વ છે તે જોવા. એ બે નાનાં અને મસ બેસતાં ઢાંકણાં છે. એમાંનું એક ઢાંકણું એ નળાને તળીએ નળીનું મુખ છે તે ઉપર છે, અને બીજું ડાટામાં છે. એ બંને ઢાંકણાં ઉપલી ગમ ઉઘડે છે, અને નીચલી ગમ નથી ઉઘડતાં.

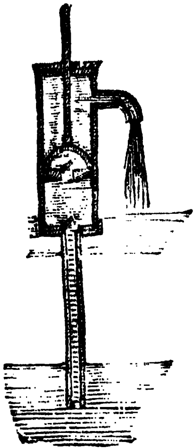
હવે ધારો કે નળાના તળીઆ લગી ડાટો નીચો ઉતરેલો છે અને બંને ઢાંકણાં બંધ છે. ડાટાને તેના દાંડાવતી ઉપર ખેંચીએ. એમ કરવાથી ડાટાની તળે ખાલી અવકાશ થશે અને તેને પોતાથી બની શકે તેમ, બધી તરફની હવા ભરી દેવાનું કરશે (કલમ ૨૯ મી). ઉપરની હવા તેમાં ઘુસવાનું કરશે, પણ તે અંદર જઇ શકશે નહિ, અને ડાટાની ઉપરના ઢાંકણાની ઉપલી મેર દબાણ કરશે, બીજું કાંઇ તેનાથી થઇ શકશે નહિ. એ દબાણથી ઢાંકણું સજડ દેવાઇ જશે, કેમકે તે હેઠલી ગમ જઇ શકતું નથી. હાંડીમાંના વાનું ફાવશે, કેમકે તે નળીને માર્ગે ધશી આવી નીચલા ઢાંકણાને ઉપર ધકેલી ઉઘાડી શકશે, કારણ કે એ ઢાંકણું ઉપલી મેર ઉઘડે છે. એ ઢાંકણું ઉઘાડી શૂન્ય અવકાશમાં તે આવશે. હવે ધારો કે ડાટાને આપણે નળાની ટોચ સુધી ખેંચી આણેલો છે, અને આપણે પાછો તેને નીચે ધકેલીએ છીએ. ડાટો ધકેલવાથી તેની તળેનો વા ધકેલાય છે, અને વા નીચલા

ઢાંકણાને ધકેલેછે, તેથી તે દેવાઇ જાયછે. એ વાના દબાણથી એ નીચલું ઢાંકણું તો વાસેલું રહેછે, તથાપિ ઉપલી મેર ઉઘડતા ઢાંકણાને ધકેલીને ઉઘાડી શકેછે; અને આપણે દાટાને નીચે જેમ જેમ ધકેલતા જઇએ છીએ તેમ તેમ ડાટાની હેઠેની નળીમાંની હવા એ ઉપલા દ્વારની વાટે બહાર ધકેલાઈ આવેછે. પરંતુ એ રીતિ જે વાને આપણે બહાર કાઢ્યો તે પ્રથમ હાંડીમાં હતો, તેથી એક વાર ડાટાને નીચે ઉતારી પાછો ઉપર ખેંચવાથી આપણે હાંડીમાંના કેટલાક વાને બહાર કાઢી શક્યા છીએ. એ ક્રિયા આપણે ચાલુ રાખીએ એટલે ડાટાને ફરીને ઉપર ખેંચીએ એટલે ઉપરનો વા ઉપલા ઢાંકણાને વાશી દેશે, અને હાંડીમાંની હવા નળીની વાટે ધશી આવી નીચલા ઢાંકણાને ઉઘાડી દાટાને ઊંચે ખેંચવાથી ખાલી પડેલા અવકાશને ભરી દેશે. અને ડાટો વળી પાછો નીચે ઉતરશે તેથી નીચલું ઢાંકણું દેવાઈ જશે, અને તેની ઉપરની હવા ઉપલા ઢાંકણાને ઉઘાડી બહાર નીકળશે. એમ ડાટાને દાબવાથી અને ઉપર ખેંચવાથી દરવખતે હાંડીમાંના કેટલાક વાને બહાર આણી શકીએ છીએ. એરપંપથી બરાબર કામ થવાને નળામાં ડાટો સજડ બેસતો હોવાની જરૂર છેજ; કેમકે તેમ નહિ હોય તો બહારનો વા અંદર જશે અને અંદરના વાને આપણે બહાર કાઢી નાંખી શકીશું નહિ. એર-પંપ પોતાનું કામ કયે પ્રકારે કરેછે તે મેં તમને સમજાવ્યું, પરંતુ તમારે એમ આશા રાખવી નહિ કે પ્રત્યેક એરપંપ આ આકૃતિમાં બતાવ્યો છે તેવોજ છે, તથાપિ સઘળા એર-પંપો, **દેખાવમાં** એક બીજાને મળતા ન હોવા છતાં, એજ નિયમને અનુસરીને બનાવેલા હોયછે.

**૩૪. वाटर-पंप** (જળપંપ-પાણીનો બંબો).—એરપંપ (વાયુપંપ)ની રચના મેં તમને સમજાવી. હવે આપણે ક્ષણવાર બેરોમીટરને લેઇએ. તમે જોયું કે વાના દબાણથી પારાનો સ્તંભ આશરે ત્રીસ ઇંચ લાંબો ઊંચો રહેછે. પાણી સરખે કદે પારાથી ઘણું હલકું હોવાથી આપણે આશા રાખી શકીએ કે હવાનું દબાણ તેના વધારે લાંબા સ્તંભને ઊંચકી શકશે, અર્થાત્ ત્રીસ ઇંચથી વધારે

ઊંચો જળસ્તંભ રહી શકશે. વસ્તુતઃ વાના દબાણથી પાણીનો લગભગ ત્રીસ ફુટનો સ્તંભ ઊંચો ઊભો રહી શકેછે.

કૂવા વગેરેમાંથી પંપ એટલે બંબા પાણી શી રીતે ખેંચી કાઢેછે તે તમે એ પરથી સમજી શકશો. હેઠળ ચિત્ર છે તે એવા બંબાની અંદરની રચના દર્શાવેછે. જે જળાશયમાંથી (કૂવો કે બીજું કાંઈ જેમાંથી) પાણી કાઢવું છે તે તળીએ છે. તેમાં એક નળનું મુખ છે, અને એ નળનું બીજું મુખ ઉપરના ભુંગળામાં છે. એ ભુંગળામાં દાંડાવાળો ડાટો છે તે નીચે જાય અને ઉપર આવે એવો છે, તથાપિ એવો સજડ બેસતો કરેલો છે કે તેની બાજૂએ પરથી હવા કે પાણી પ્રવેશ કરી શકે નહિ. એ ડાટાને વચલે ભાગે ઉપલીમેર ઉઘડતું ઢાંકણું (વાલ્વ) છે, અને ભુંગળાને તળીએ નળીના મુખ ઉપર ઉપલી ગમ ઉઘડતું બીજું ઢાંકણું છે. વસ્તુતઃ પાણી ખેંચવાના પંપનુ ભુગળું એરપંપના નળાના જેવું છે, અને ડાટો ભુંગળાને તળીએ છે, એમ ધારી આરંભ કરીએ. હવે તેને ઉપર ખેંચીએ. એમ કરેથી જેમ એરપંપમાં ઉપલું ઢાંકણું દેવાઈ જાયછે તેમ ડાટાની ઉપરના વાથી દબાઈ દેવાઈ જશે અને બંધ રહેશે. ડાટો ઉપર ચઢવાથી તેની નીચે શૂન્ય અવકાશ થશે તેમાં નીચલા ઢાંકણાને ઉઘાડી નળીમાંનો વા આવશે.



આકૃતિ ૧૮ મી.

પાછો ડાટાને હેઠે દાબીશું તેવારે એરપંપમાં થાયછે તેમ, નીચલું ઢાંકણું દેવાઈ જશે, અને ડાટામાંનું ઢાંકણું ઉઘડશે, અને તે વાટે કેટલીક હવા બહાર નીકળશે. વસ્તુતઃ આપણે ભુંગળામાંની અને નળીમાંની હવાને કાઢી નાંખીએ છીએ. એ સમયમાં નીચે જે પાણીમાં નળી છે તે પાણી શું કરે છે? એ પાણી ઉપર બહારના વાનું દબાણ થાયછે:

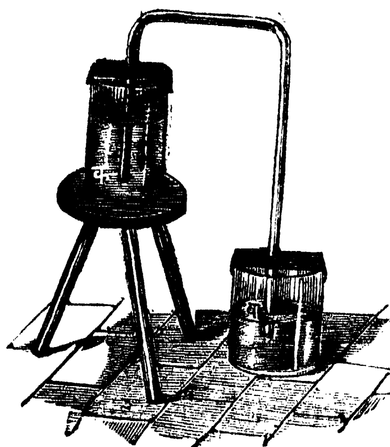
પરંતુ નળીમાંના વાને આપણે કાઢી નાંખીએ છીએ તેથી એ બહારના વાના દબાણને પ્રતિરોધ કરવાને નળીમાં વા નથી; બહારના દબાણને સામું થનાર બળ ન રહેવાથી તે પાણીને ઉપર નળીમાં ધકેલશે, અને તેમાંની બધી હવા નીકળી જશે ત્યારે એ આખી નળી પાણીથી ભરાશે. પછી એ પાણી નીચલા ઢાંકણાને માર્ગે ભુંગળામાં ચડશે.

પરંતુ જળાશય અને નીચલા ઢાંકણાની વચ્ચે ત્રીસ ફુટથી વધારે અંતર હશે તો એ પ્રમાણે થશે નહિ. કેમકે હવણા તમને કહેવામાં આવ્યું હતું કે વાનું દબાણ ત્રીસ ફુટ જળ-સ્તંભને ઊભો ટેકવી રાખશે, પણ ત્રીસ ફુટથી તે સ્તંભ વધારે ઊંચો હશે તો તેનાથી ટેકવી શકાશે નહિ. માટે પંપનું ભુંગળું અને પાણી એ બેની વચ્ચે ત્રીસ ફુટથી વધારે છેટું હશે તો તે પાણી ભુંગળામાં પેસશે નહિ, અને તમારાથી થઈ શકે તે કરો તથાપિ પંપથી પાણી ભુંગળા સૂધી ચઢશે નહિ. પરંતુ એ અંતર છવીસ કે સત્તાવીસ ફુટથી વધારે નહિ હશે તો પંપ ઠીક ચાલશે અને ભુંગળામાં પાણી આવશે. હવે ધારો કે ભુંગળું પાણીથી ભરાયું છે, અને તમે ડાટાને નીચે દાબોછો. ડાટાને દાબવાથી તેની તળેના પાણીને તે દબાણ લાગશે અને પાણીનું દબાણ હેઠલા ઢાંકણાને લાગવાથી તે દેવાઈ જશે. એજ વખતે પાણીનું દબાણ ઉપલી ગમ પણ થાયછે તેથી ઉપરનું ઢાંકણું ( ઉપલી મેર ખુલેછે તે ) ઉઘડેછે અને તેથી ડાટાની ઉપર પાણી ચડેછે. તમે ફરીને ડાટાને ઉપર ખેંચો તો તેની જોડે એ પાણી ઉપર આવશે અને પંપના નાળચામાંથી બહાર નીકળશે, અને પછી ડાટાને નીચે દાબી ઉપર ખેંચતાં દરેક વેળા પાણી આવ્યાં કરશે.

**પ્રયોગ ૩૨ મો.**—સાધારણ પંપની અંદર શું બનેછે તે તમારી નજરે જોઈ શકવાને માટે કાચના ભુંગળાવાળો નમુનાનો પંપ લો. તમે તેમાં જોશો કે જ્યારે આપણે ડાટાને ઊંચે ખેંચીએ છીએ ત્યારે ઉપલું ઢાંકણું દેવાયછે અને હેઠલું ઉઘડે-છે, અને ડાટો નીચે ઉતરેછે ત્યારે હેઠલું ઢાંકણું દેવાયછે

અને ઉપલું ઢાંકણું ઉઘડેછે. તમારે પૂરૂં સમજવું કે પંપની અંદરનો ડાટો ભુંગળામાં મજબૂત બેસતો હોવો જોઇએ, કેમકે તેમ નહિ હોય તો ઉપરની હવા અંદર જશે અને ક્રિયાને થતી અટકાવશે. જો પંપ ઘણો વાપરવામાં ન હોય તો વખતે એમ બનેછે કે ડાટાની આસપાસનું ચામડું કે જે બીજું હોય તે સૂકાઈ જાયછે, અને તેથી પંપ ચાલતો નથી. એમ થાય ત્યારે ડાટા ઉપર થોડું પાણી છાંટવાથી તેની ઉપર જે વિંટાળેલું હશે તે પલળશે અને પંપ ચાલશે.

૩૫. सायफ़ोन.—આ વિષયને છોડયાની પૂર્વે હું સાયફ઼ોન નામે યંત્રનું વર્ણન કરૂંછું. પંપની પેઠે એ યંત્રની ક્રિયા વાના દબાણ ઉપર આધાર રાખેછે. તોપણ હું એના નિયમનો ખુ-



આકૃતિ ૧૯ મી.

લાસો કરીશ નહિ. ઉપલી આકૃતિમાં સાયફ઼ોન છે; ઊંચી સપાટીએ મૂકેલા પાત્રમાંથી નીચી સપાટી પરના વાસણમાં પ્રવાહી લેઈ જવાના કામમાં તેને વાપરવામાં આવેછે. પહેલાં તમારે સાયફ઼ોનની નળીને ચતી કરવી, અને પાણીથી છલા-છલ ભરવી; ભરતી વેળા એના નાના હાથાના મુખને આંગળી

વડે બંધ રાખવું. પછી ચિત્રમાં છે તેમ એ નાના હાથાને ઊંચી સપાટી ઉપરના વાસણમાં પાણીના પૃષ્ઠની નીચે મૂકવો, અને આંગળી ખસેડી લેવી. એમ તમે કરશો એટલે નળીના લાંબા હાથાને છેડેથી નીચલા વાસણમાં પાણી વિના અટકે વહ્યું જશે. જો ટુંકો હાથો ઉપલા વાસણને તળીએ પહોંચે એટલો લાંબો હશે તો એ સાધન વડે તેમાંનું સઘળું પાણી નીચલા વાસણમાં આણી શકશો.

## चलत् पदार्थो.

३६. शक्ति.—તમને (૧ લે પાને) વસ્તુઓના વિકાર કે ભાવ કે વૃત્તિઓ વિષે કહેવામાં આવ્યું હતું, અને તોપનો ગોળો ગતિમાં હોય તે સ્થિર ગોળાથી કે તપેલો ગોળો ટાઢા ગોળાથી કેવો ભિન્ન છે તે કહેવામાં આવ્યું હતું; અને એમ પણ તમને કહેવામાં આવ્યું હતું કે ભૌતિક વસ્તુના એ ભિન્ન ભિન્ન ભાવો કે વૃત્તિઓ વિષે કાંઇક જ્ઞાન વાંચનારને થાય એ **પ્રથમ-પુસ્તકના** હેતુઓમાંનો એક મુખ્ય હેતુ છે. એ વિષયથી આરંભ થઇ શકે તેમ નહતું, કેમકે પ્રથમ તમને એ વસ્તુઓ વિષે કહેવાની ગરજ હતી, અને હવે તમને ઘન, પ્રવાહી, અને વાયુ રૂપી વસ્તુઓનું સાધારણ જ્ઞાન ઠીક પ્રાપ્ત થયેલું હોવું જોઇએ; માટે વસ્તુઓના ભિન્ન ભિન્ન ભાવ કે વૃત્તિઓનું કાંઇક જ્ઞાન હવે તમારે મેળવવું જોઇએ. તમને કહેવામાં આવ્યું હતું કે પદાર્થો કોઇવાર શક્તિમય કે ઉત્સાહી હોયછે, ઉદાહરણ, તોપનો ગોળો ગતિમાં હોયછે ત્યારે, અને કોઇવાર શક્તિહીન કે ઉદાસીન હોયછે, ઉદાહરણ તોપનો ગોળો સ્થિર હોય છે તેવારે, અને આગળ જે કહેવામાં આવશે તેમાં શક્તિમય પદાર્થોનાં એવાં ઉદાહરણો લેઇશું કે તેઓ ઘણાંજ સ્પષ્ટ નજરે દેખાઇ શકે. જ્યારે પદાર્થ **વાસ્તવિક ગતિમાં** હોયછે, કે **ઉતાવળે ધ્રુજતો** હોયછે, કે **તપેલો** હોયછે, કે **વિદ્યુન્મય** હોયછે, ત્યારે તે શક્તિમય હોયછે, અને તે માટે શક્ત પદાર્થોના એ ચાર પ્રકારના વર્ગ કરીશું. પહેલાં તો વાસ્તવિક

ગતિમાં હોનારા પદાર્થો સંબંધી કહેવામાં આવશે, અને એ મથાળાનીચે એવા પદાર્થોની કૃતિ શી રીતે થાયછે તેનો કાંઇક બોધ તમને મળશે. પછી ધ્રુજતા પદાર્થ વિષે કહેવામાં આવશે, ઉદાહરણ પડઘમ કે ઘંટ વાગેછે તે વારે તે ધ્રુજેછે, અને એ મથાળા હેઠે સાદ કે અવાજ સંબંધી જણાવવામાં આવશે; ત્યાર કેડે તપેલા પદાર્થો વિષે કહેવામાં આવશે અને તેના પેટામાં પ્રકાશ અને ઉષ્ણતા ( ગરમી )ની બાબત આવશે; અને છેલ્લે વિદ્યુન્મયપદાર્થો સંબંધી જ્ઞાન આપવામાં આવશે તે વારે વિદ્યુત નામે ગહન વસ્તુ વિષે કહેવામાં આવશે. આ નાની પ્રથમ પોથીમાં પદાર્થોના ભિન્ન ભિન્ન ભાવોનું, કે કોઇ કોઇ વાર તેઓમાં અનેક પ્રકારની શક્તિઓ હોયછે તેઓનું સંપૂર્ણ વર્ણન અમે કરી શકીશું નહિ. તમારૂં જ્ઞાન વધશે ત્યારે મોટા ગ્રંથોમાં તે તમે વાંચશો; આમાં તો એ વિષયનું માત્ર સ્થુળ વર્ણન કરવામાં આવશે, અને તેની જોડે તમને જણાવવામાં આવેછે કે એ બહુ મોટી અગત્યનો છે.

૩૭. **कामनी व्याख्या.**—જ્યારે કોઇ માણસ શક્તિમાન કે બળવાન કહેવાયછે ત્યારે એમ કહેવાનો અર્થ એ છે કે તેનામાં કામ કરવાની શક્તિ છે; અને જ્યારે કોઇ વસ્તુ શક્તિમય કહેવાયછે ત્યારે તેનો અર્થ પણ એ કે તેનામાં કામ કરવાની શક્તિ છે. વસ્તુતઃ હરકોઇ વસ્તુની શક્તિનું માપ, તે શક્તિ વપરાઇ રહ્યા પહેલાં, તે કેટલું કામ કરી શકેછે તે ઉપરથી કરવામાં આવેછે. જો આપણે એક પૌંડને ( એક શેરને ) એક ફુટ ઉંચો ચડાવીએ તો આપણે કેટલુંક કામ કરીએ, અને જો તેને બે ફુટ ઉંચે ચડાવીએ તો તેથી બમણું કામ કરીએ, ત્રણ ફુટ ઉંચે લઇએ તો તેથી ત્રમણું કરીએ, ઇત્યાદિ. માટે જો એક પૌંડ ભારને એક ફુટ ઉંચો કરવાના કામને એક કહીએ તો, તેને ત્રણ ફુટ ઉંચો કરવાના કામને ત્રણ કહીએ.

વળી એક પૌંડને જેટલી ઉંચાઇએ ચડાવીએ તેટલીજ ઉંચાઇએ બે પૌંડને ચડાવવાથી બમણું કામ થયું, માટે

એ પાઉંડને ત્રણ ફુટ ઊંચે ચડાવવાથી છ થયા. વસ્તુતઃ **જેટલા પાઉંડને જેટલા ફુટ ઊંચે ચડાવવામાં આવે તેટલા પાઉંડની સંખ્યાને તેટલા ફુટની સંખ્યાએ ગુણવાથી ગુણાકાર આવે તેટલું કામ થયું.**

ધારો કે એક તોપને ઊભી ગોઠવીછે, એવી કે તેનું મુખ ઊંચે આકાશ ભણી રહેલું છે અને તેમાંથી ૧૦૦ પાઉંડનો ગોળો છોડયો તે એટલા વેગથી ઊંચો ગયો કે પાછો ફરતા પહેલાં ૧૦૦૦ ફુટ ગયો; જ્યારે એને છોડયો તે વખતે તેનામાં કેટલી શક્તિ હતી તે એ ઉપરથી આપણે કહી શકીએ. તેનામાં ૧૦૦ પાઉંડ ભારને (અર્થાત્ પોતાને) ૧૦૦૦ ફુટ ઊંચે લઈ જવાની શક્તિ હતી; અને તેથી તેની કામ કરવાની શક્તિ ૧૦૦×૧૦૦૦ એટલે ૧,૦૦,૦૦૦ બરોબર હતી. જો એ તોપમાં આપણે વધારે દારૂ ભરીએ તો ગોળો વધારે વેગથી બહાર નીકળશે. ધારો કે તે હવે પાછો ફર્યાની પૂર્વે ૧૫૦૦ ફુટ ઊંચો જઈ શકેછે; તેથી તેનામાં ૧૦૦×૧૫૦૦=૧,૫૦,૦૦૦ જેટલી કામ કરવાની શક્તિ છે. વસ્તુતઃ તમે જુઓછો કે જેમ વધારે વેગથી કે ઝડપથી ગોળાને છોડવામાં આવશે તેમ તે વધારે ઊંચો જશે, વધારે કામ કરશે, અને તેમાટે તેનામાં વધારે શક્તિ હશે.

૩૮. **गतिवाळा पदार्थथी थतुं काम.**—આ બાબતનો ખુલાસો અહીં હું લંબાણથી કરી શકતો નથી, પણ તમને એટલું કહુંછું કે કોઈ પદાર્થને બેવડા વેગે ઉપર છોડવાથી તે **બમણો** ઊંચો નહિ ચડતાં **ચાર** ગણો ઊંચો ચડશે–ત્રણ ગણા વેગે નીકળેલો ત્રણ ગણો નહિ પણ ત્રણવાર ત્રણ ગણો એટલે **નવ ગણો** ઊંચો જશે–અને આગળ એ પ્રમાણે.

માટે એ પરથી તમે જોશો કે બેવડા વેગવાળો તોપનો ગોળો ચાર ગણું કામ કરશે. તોપનો ગોળો હવાથી જેટલો ઊંચે ચડવાને શક્તિમાન હોય તે ઉપરથી તેની કામ કરવાની શક્તિનું માપ જેમ કરી શકાયછે, તેમ બીજી રીતોથીએ

કરી શકાય છે. એકએકની પાછળ મૂકેલાં લાકડાનાં પાટીઆંપર તેને છોડી શકાય, અને તેમ કરવાથી માલૂમ પડશે કે બેવડા વેગથી છોડેલો ગોળો લગભગ ચાર ગણાં પાટીઆંને આરપાર વીંધી શકશે, ત્રણ ગણા વેગથી છૂટેલો ગોળો લગભગ નવ પાટીઆંને વીંધી જશે, ઇત્યાદિ. એક વેગથી જેટલું નાશકારક કાર્ય થાય તેથી ચોગણું નાશકારક કાર્ય બમણા વેગવાળા ગોળાથી થાય, અને બીજી હરકોઇ રીતે તેની શક્તિને માપીએ તોએ એક વેગથી જેટલી શક્તિ તેનામાં હશે તેથી બમણા વેગે ચાર ગણી હોવાની.

૩૯. **निवृत्तिमां पदार्थनी शक्ति.**—ઘણી ઉતાવળી ગતિમાં હોનાર પદાર્થમાં બહુ કામ કરવાની શક્તિ છે એ સહેલથી સમજી શકાય તેવું છે, પરંતુ એ સિવાય આપણે સ્થિર હોઇએ છઇએ ત્યારે ઘણીકવાર આપણામાં શક્તિ હોયછે. ઉદાહરણ, વિશ્રાંતિમાં હોનાર માણસ જ્યારે કામ કરવા માંડેછે ત્યારે ઘણું કામ કરી શકેછે. ધારો કે સમાન બળવાળા બે આદમીઓ માંહોમાંહે વઢેછે, દરેકની સોડે પથરાનો ઢગલો છે તેમાંથી પથરા લેઇ એકબીજાની ઉપર ફેંકેછે, ફેર એટલો છે કે એક પોતાના પથરાના ઢગલા સહિત ઘરને મથાળે છે, અને બીજો પોતાના ઢગલા સાથે ઘરને તળીએ છે. એ બેમાંનું કોણ જીતશે તે તમને પૂછવાની ગરજ નથી; તમે તુરત ઉત્તર દેશો કે ઘરને મથાળે છે તે જીતશે. તેની સરસાઇ શામાં રહેલી છે? તે તેના સામાવાળીઆથી વધારે બળવાન નથી કે વધારે ઉત્સાહી નથી.—તેની સરસાઈ તેના પથરામાં છે; એ સ્પષ્ટ છે કે તેના પથરાનો ઢગલો ઊંચે છે તેમાં તેની સરસાઇ છે. નીચેના માણસથી તેના પંડમાં વધારે શક્તિ નથી, તથાપિ હેઠળના માણસના ઢગલાના પથરા કરતાં તેના ઢગલાના પથરામાં વધારે શક્તિ છે, અને એપરથી તમે જુએાછો કે ઊંચી જગાએ હોવાથી પથરામાં શક્તિ રહેલીછે; વસ્તુતઃ તેઓ કામ કરવાને શક્તિમાન છે, પછી તે કોઈ આદમીને મારી પાડવાનું નિરૂપયોગી

કામ હોય કે કોઈ સ્તંભને અંદર ધકેલવાનું ઘણું ઉપયોગી કામ હોય. વળી આપણે બે જળચક્કીઓનું ઉદાહરણ લઈએ—એકની નજીક અને તેનાથી ઊંચી સપાટીએ તળાવ છે; બીજી ચક્કીની પાસે તળાવ છે તે તેનાથી નીચી સપાટીએ છે. એ બેમાંની કઈ ઘંટીનું કામ જળશક્તિથી ચાલી શકશે? તમે તુરત કહેશો કે જેનું તળાવ ઊંચી સપાટીએ છે તેનું, કેમકે પાણીનો પ્રવાહ કે ધોધ પૈડાને ચલાવશે. માટે તમે જુઓ છો કે ઊંચાઈએ આવેલા તળાવવડે ઘણું કામ કરી શકાય. ઊંચે રહેલા પાણીને ઇંગ્રેજીમાં **હેડ ઑવ્ વાટર** કહેછે. દળવું, વહેરવું, વગેરે ખરેખરૂં વાસ્તવિક કામ એથી થઈ શકેછે. નીચાણમાં હોનાર તળાવથી કાંઈ કામ થઈ શકતું નથી.

હવે જળચક્કી અને પવનચક્કીને સરખાવી જોઈએ. ઊંચાણમાં હોનાર પાણીથી ચાલનારી અને પવનથી ચાલનારી મિલોમાં શો ભેદ છે તે જોઈએ. તોપના ગોળાની ગતિ જેટલી શીઘ્ર છે તેટલી પવનની નથી તોપણ તે બેમાં મળતાપણું છે, કેમકે તેની શક્તિ ખરેખરા ગામિન્ પદાર્થની છે; વસ્તુતઃ તે પવનચક્કીના સઢોપર ધસેછે અને તેઓને ચકરડી ફેરવેછે; જોરથી વા વાતો હોયછે તે વેળા આપણે દીઠું કે પરાળના તરણાને ઊંચે ઉછાળીએ છીએ તો તેને પવન ઘસડી જાયછે. પવનચક્કીથી જળચક્કી એક વાતે સરસ છે, કારણ કે પવનચક્કીને પવનની વાટ જોવી પડેછે, પરંતુ જળચક્કીને તેમ કરવું પડતું નથી. જો પાણી મસ ઊંચાણમાં હોય તો જોઈએ તે વખતે પાણીને આવવા દેઈ શકીએ છીએ અને અટકાવી શકીએ છીએ. એ શક્તિના ભંડોળને રાખી મૂકી શકીએ છીએ અને મરજીમાં આવે તેવારે તેમાંથી લેઈ શકીએ છીએ. વસ્તુતઃ ગામિન્ પદાર્થની શક્તિ ખર્ચ કરતી વેળાએ આપણી પાસેના રોકડ નાણાના જેવી છે, પરંતુ ઊંચાણમાંના પાણીની, કે હરકોઈ ઊંચે રહેલા પદાર્થની શક્તિ બેંકમાં (સાહુકારની પેઢીમાં) જમા રાખેલા નાણાના જેવી છે, જ્યારે જોઈએ ત્યારે તેમાંથી લેઈ શકીએ છીએ.

## धुजता पदार्थो.

**४०. नाद.**—જે પદાર્થ પોતાનું સ્થળ બદલેછે તે તો ગતિમાં છેજ, તથાપિ પ્રત્યેક ગામિનૂ પદાર્થ પોતાની તમામ જગ્યા બદલેછે એમ એ ઉપરથી સમજવું નહિ; ઘણી ઉતાવળે ફરતો ભમરડો ગતિમાં છે, પણ તે પોતાની તમામ જગ્યા બદલતો નથી.

**प्रयोग ३३ मों.**—અહીં આ તારનો એક છેડો નીચે લાકડામાં ખોસેલો છે; આ બીજા છેડાને ટકોરો મારીએ છીએ ત્યારે એ એક તરફથી બીજી તરફ ઝડપથી આવજા કરેછે, પણ આખો તાર પોતાનું સ્થળ બદલતો નથી. જ્યારે તારના રજકણ એક ભણીથી બીજી ભણી આવજા કરેછે ત્યારે તે ધ્રુજતી (આંદોલન કે ડોલતી) અવસ્થામાં છે એમ કહેવાય છે. તેમજ ઘંટ કે પડઘમને વગાડીએ છીએ ત્યારે ઘંટ કે પડઘમના રજકણો ધ્રુજતી અવસ્થામાં હોયછે, કિંવા તારના વાદિત્રો (તંબુરો વગેરે) ના તારને ખેંચીને મૂકી દઈએ છીએ તેવારે તેઓના તાર ધ્રુજતી સ્થિતિમાં હોયછે.

સ્થલાન્તર કરનાર ગતિની પેઠે ધ્રુજતી ગતિમાં પણ શક્તિ છે, અને વાસ્તવિક જોતાં ધ્રુજતા પદાર્થના રજકણો એક ગમથી બીજી ગમ ચપળતાથી ગતિ કરેછે; તેઓને અટકાવવાનો યત્ન કરશો તો તેઓનો ઝપાટો તમને લાગશે. તેઓના માર્ગમાં કોઈ વસ્તુ હશે તો તેઓના ઉપર પ્રહાર કરશે—વાતાવરણિક હવા તેઓના માર્ગમાં છે, અને તેથી તેઓ તેનાપર પ્રહાર કરેછે. દરેક વખતે આ ધ્રુજતા તારની ટોચ પાછી આવેછે ત્યારે તે દિશામાં વાપર ઘાત કરેછે. વસ્તુતઃ ધ્રુજતો પદાર્થ થોડા વખતમાં તેને લગતી હવાને ઘણી વાર નાના ટકોરા મારેછે. એ ટકોરા તે હવા શાંતપણે ખમી ન રહેતાં પોતાની પાસેની હવા જોડે અથડાયછે, અને તે તેની પાસેનીને અથડાય છે. એમ ધ્રુજતા પદાર્થનું પાસેના વા જોડે અથડાવું આગળ

આકૃતિ ૨૦ મી.

આવી ઘણે દૂર લગી જાયછે. અંતે તે અથડામણ તમારા કે મારા કાનને વાગેછે. આપણને ઢોળી પાડે તેવા પ્રકારનું એ અથડાવું નથી માટે આપણે તેને અથડામણ કે ધક્કો ન કહેતાં **નાદ** કે **અવાજ** કહીએ છીએ. આપણા **કાનને નાદ** કે **અવાજ લાગ્યો** કહીએ છીએ. વસ્તુતઃ આપણે નાદ કે અવાજ સાંભળીએ છીએ.

**૪૧. શોર અને સુસ્વરમાં ફેર શો?**—જે પદાર્થ વા જોડે અથડાય તેના ઘાતનો ક્રમ જો અનિયમિત હોય તો, ઉદાહરણ તોપના ગોળાના ઘાતના જેવા હોય તો, વા તે પ્રમાણે તેઓને આપણા કાનપર આણેછે, અને આપણે **નાદ** (કે **અવાજ**) સાંભળ્યો કહીએ છીએ. પરંતુ જે પદાર્થ વા જોડે અથડાયછે તે ધ્રુજતો હોય અને એક સેકંડમાં નિયમિત અંતરે પુષ્કળ નાના ઘાત કરેછે, અને વા તેઓને તે પ્રમાણે આપણા કાનમાં આણેછે, અર્થાત એક સેકંડમાં તે બધા ઘાતને નિયમિત અંતરે આણેછે અને ત્યારે આપણે **સુસ્વર** સાંભળ્યો કહીએ છીએ. એમ સુસ્વરમાં અને નાદમાં નિયમિત અને અનિયમિત અંતરનો ભેદ છે. વળી જે ધ્રુજતો પદાર્થ હવાને અથડાયછે તે એક સેકંડમાં મુકાબલે થોડા ઘાત કરે તો આપણાથી **ઊંડો નીચો સુર** સંભળાયઃ જો ધ્રુજતો પદાર્થ ઘણી ત્વરાથી ધ્રુજે અને એક સેકંડમાં ઘણા ઘાત કરે તો તે સઘળાને વા તેટલા વખતમાં આપણા કાનપર કરે અને આપણે **તીણો ઊંચો** સુર સાંભળીશું. એ૫રથી તમે જોશો કે ઊંડો નીચો સુર એટલે ઘાતની નાની સંખ્યાનું એક સેકંડમાં આપણા કાનપર વાગવું અને તીણો ઊંચો સુર એટલે ઘાતની મોટી સંખ્યાનું તેટલાજ સમયમાં આપણા કાનપર વાગવું. એક સેકંડમાં ૨૦,૦૦૦ ઘાત થવાથી ઘણો તીણો સુર ઉત્પન્ન થશે, અને તેટલાજ વખતમાં ૫૦ ઘાત થવાથી ઘણો નીચો સુર ઉત્પન્ન થશે.

**૪૨. નાદ કામ કરી શકે**—વાદિત્રનો સ્વર સુખકર છે, શોર અપ્રિય છે, તથા જો તે ઘણો ઉગ્ર હોય તો કાનને પીડા કરેછે અને વખતે બહેરા પણ કરેછે. ઉદાહરણ, મોટી તોપ છોડ-

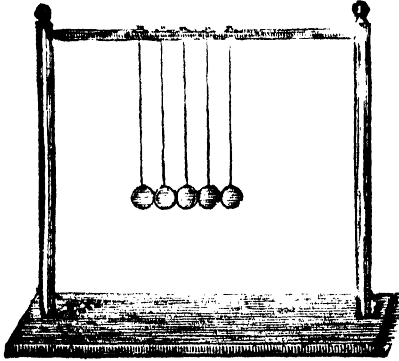
વાથી કાનપર ઘાત થાયછે તે કોઈવાર સાંભળવાની શક્તિનો નાશ કરી શકેછે; અથવા તે ભડાકો કાચની તક્તીને વાગવાથી તેનું અથડામણ એટલું જબરૂં હોઈ શકે કે કાચને ભાંગી નાંખી શકે, અને કોઈ વખતે આસપાસનાં ઘરોની કાચની બારીઓ ફૂટી જાયછે,—દારૂનો ભંડાર (દારૂનો મોટો જથો) સળગી ઊઠવાથી એમ બનેછે. એમ તમે જુઓછો કે ઘણા મોટા નાદ (ભડાકા) માં શક્તિ છે, અને તે કામ કરી શકેછે—વિશેષે કરીને નાશકારક કામ કરી શકેછે.

**૪૩. नादने लेइ जवाने वा जोइए. प्रयोग ३४ मो.**—જે જગ્યામાં વા નથી તેમાં આપણે ઘંટ વગાડીએ. એરપંપ ઉપર કાચનું પાત્ર છે તેમાં વા નથી. વા ન હોવાથી ઘંટના ગતિમાં આવેલા રજકણોને કોઈ પર ઘાત કરવાનું બની શકશે નહિ, અને તેથી આપણા કાનપર **અવાજ** આવશે નહિ. વસ્તુતઃ વગાડવા માંડેલા ઘંટ કે બીજા હરકોઈ ધ્રૂજતા પદાર્થમાં કેટલીક શક્તિ છે અને તેમાંનો કાંઈ ભાગ તે વાને આપેછે, તથા એમ પોતાને મળેલી શક્તિમાંનો કેટલોક ભાગ વા આપણા કાનને દેછે. પણ વા ( એટલે હવા ) ન હોય તો ધ્રુજતા પદાર્થની શક્તિને આપણા કાન ઉપર લાવનાર વસ્તુ નથી.

**૪૪. तेनी वामां गति करवानी रीत.**—જે નાદ ધ્રુજતા પદાર્થોમાંથી વામાં આવેછે, અને વા જેને ઘણે દૂર લેઈ જાયછે તે નાદ વિષે જરા વિચાર કરીએ.

પ્રથમ ધ્યાનમાં લેવાનું એ છે કે એક કે બે મૈલ ઉપર તોપ જ્યાં છૂટેછે ત્યાંની હવાના રજકણો તોપની પાસેથી આપણા કાન સુધી ચાલ્યા આવેછે એવું ધારશો નહિ. તોપની નજીકના વાના રજકણો તેઓની સમીપના રજકણોપર ઘાત કરીને અટકેછે, જે રજકણોને એ ઘાત લાગ્યો તેઓ પોતાની પાસેનાને ઘાત કરીને અટકેછે, અને આપણા કાનપર આવતા લગી એમ થાયછે. જે ખરેખરૂં બનેછે તે નીચેના પ્રયોગથી સ્પષ્ટ સમજાશે.

**प्रयोग ३१ मो.**—કેટલાક સ્થિતિસ્થાપક ગુણવાળા ગોળા લેઈ તેઓને નીચેની આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એકએકને



આકૃતિ ૨૧ મી.

અડકે તેમ દોરી વતે લટકાવીએ. હવે છેડા પરના એકને એક બાજૂએ ખેંચીને છોડી દેઈએ કે તેનો ટોચ તેની પાસેનાને લાગે. શું બનશે? પહેલો ગોળો બીજા ઉપર ઘાત કરી તદન સ્થિર રહેશે. બીજો ઝટ તે ઘાત ત્રીજાપર કરી પોતે સ્થિર રહેશે; ત્રીજો પણ તેમ કરશે. એમ અંતે તે ઘાત છેલ્લાને લાગશે, અને તે છેલ્લો હોવાથી એ ઘાતથી તેનામાં ગતિ આવશે. પહેલા ગોળાને તોપની પાસેના રજકણો ગણીએ અને છેલ્લા ગોળાને આપણા કાનની નજીકના રજકણો ગણીએ તો તોપની પાસના રજકણોપર થયેલો ઘાત આપણા કાનપર્યંત આણવાને તે રજકણોને જરૂર ન પડતાં કેઈ રીતિ તેઓ મોકલી શકે તે સમજી શકાય*. છોકરાઓ લખોટે (મંજે) રમેછે તે રમતમાં એક લખોટો બીજા લખો-

*મૂળ ઇંગ્રેજી પુસ્તકમાં ક્રોકટ ખેલનું બીજું ઉદાહરણ લખ્યુંછે. પણ તે ખેલ આ દેશમાં જણાયલો નથી તેથી તે ઉદાહરણ મુકી દીધુંછે. એમાં એક ગોળાને ગતિ આપવાથી તે પોતે ન ચાલતાં તેની પાસેનાને ચલાવેછે. ભા૦ ક૦.

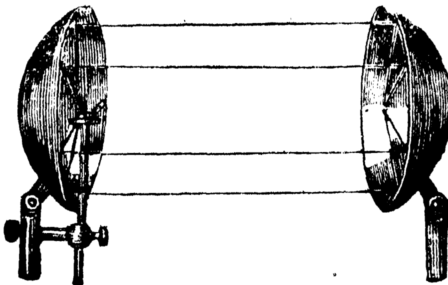
રાને ગતિ આપી પોતે અટકેછે, બીજો ત્રીજાને આપી પોતે અટકેછે, ઇત્યાદિ. એમ વાના રજકણો કરેછે.

૪૫. તેની ગતિનો વેગ.—વળી, ધક્કો કે ધાત જેને આપણે નાદ કે અવાજ કહીએ છીએ તેને તોપથી આપણા કાન સુધી આવવાને વખત જોઇએ. બેશક તે ઘણી ઝડપથી ચાલેછે, બંદુકની ગોળીની ત્વરાથી ગતિ કરેછે, પણ તોપથી નીકળી તત્કાળ આપણા કાનને લાગતો નથી. જેમણે તોપને ઘણે અંતરે છોડેલી જોઈ હશે તેમણે પ્રથમ ઝબકારો અને ધુમાડો જોયેલા અને થોડા સેકંડ પછી અવાજ સંભળાયો હશે. તોપથી તમારા કાનલગી અવાજને આવવાને વખત લાગ્યો તે એ થોડા સેકંડ છે. જે ક્ષણે તોપ છુટી તેજ ક્ષણે ઝબકારો દેખાયો, અને તે દેખાવાના સમયથી કાને નાદ સંભળાયો ત્યાંસુધી ગણતાં જેટલા સેકંડ થાય તેટલા તેને ચાલતા લાગ્યા. ધારો કે તમારાથી તોપ ૧૧,૦૦૦ ફુટ દૂર છે, અને ઝબકારો દેખાયો અને અવાજ સંભળાયો તેની વચ્ચે તમે દશ સેકંડ ગણ્યા તો તે ઉપરથી તમે અનુમાન કરોછો કે અવાજ દશ સેકંડમાં હવામાં અગીઆર હજાર ફુટ ચાલેછે, અથવા દર સેકંડે અગીઆરસેં ફુટ ચાલેછે એ દર સત્યની ઘણો પાસે છે.

પરંતુ વા કરતાં પાણીમાં નાદની ગતિ વધારે ઉતાવળી છે, અને જીનીવાના સરોવરમાં પ્રયોગ કરવાથી જણાયું છે કે હવા કરતાં પાણીમાં નાદની ગતિનો વગ લગભગ ચાર ગણો છે, એટલે વા કરતાં પાણીમાં નાદ આશરે ચાર ગણી ત્વરાથી ગતિ કરેછે. લાકડામાં અને લોઢામાં તેની ગતિ એથીએ વધારે ઉતાવળી છે. વા કરતાં લાકડામાં ૧૦ થી ૧૬ ગણી ઝડપથી ચાલેછે. એક સેકંડમાં બેથી વધારે માઇલ તે લાકડાના સોટામાં ચાલેછે.

૪૬. પડઘા.—ધારો કે હું ચોમેર ખડકોથી ઘેરાયલી ખીણના મધ્ય ભાગે ઊભો છું અને ત્યાંથી બંદૂક છોડુંછું—એ અવાજ

કે ધક્કો ખડકોપર્યંત ફેલાઈ તેઓની સાથે અથડાઈ ત્યાંજ અટકશે નહિ, કાંઈ વધારે બનશે. ખડકો જોડે અથડાયા પછી નાદથી આગળ જવાશે નહિ એટલે પાછો આવશે, અને અહિં તો જે માર્ગે તે ગયો તેજ માર્ગે એક સેકંડમાં ૧૧૦૦ ફુટને વેગે હમેશ ચાલેછે તે વેગે, પાછો આવશે. તથા એવું બનશે કે થોડા સેકંડમાં જાણે બીજી બંદૂક ફૂટી હોય તેમ ખડકોથી પાછો આવેલો અવાજ તું સાંભળીશ. એને પડઘો કે ધ્વનિ કહેછે. એમ તમે જાણ્યું કે નાદ કે ધક્કો તેની ગતિ અટકાવનાર જોડે અથડાઈ પાછો આવેછે તે પડઘો છે, પરંતુ જે દિશામાં તે જાયછે તેજ દિશામાં તે હમેશ પાછો આવતો નથી; જે પ્રકારના પૃષ્ઠ ઉપર તે અથડાય તે ઉપર તેના પાછા આવવાના માર્ગનો આધાર છે. નીચેની આકૃતિમાં એ સંબંધીનો પ્રયોગ



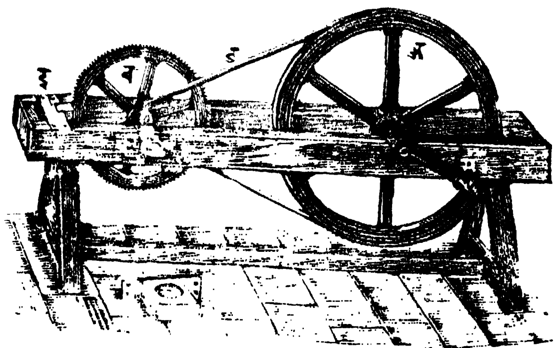
આકૃતિ ૨૨ મી

ભલાઈનો જોવા જોગ છે. નાદને પરાવર્તન પમાડે એવાં બે મોટાં પોલાં તાંસળાં એકએકથી કેટલેક અંતરે રાખો, અને તેમાંના એકનું જે સ્થળે ફોકસ છે એટલે તેનું કેંદ્ર છે તે સ્થળે ગજવામાં રાખવાનું ઘડીઆળ ( વાચ ) રાખી સામેના તાંસળાના ફોકસમાં તમારો કાન રાખો. ઘડીઆળ છેક કાનની પાસે હોયછે ત્યારે જેટલું તેનું ટીક ટીક થવું સંભળાયછે તેટલું ઘણું સ્પષ્ટ એ સ્થળેથી સંભળાશે. એનું કારણ એ છે કે ઘડીઆળના ઘાત હવાને લાગેછે. ડાબી મેરની વાડકીમાં ઘડીઆળ

છે તેથી તે પરાવર્ત્તન પમાડનારને વાગેછે અને ત્યાંથી પરાવર્ત્તન પામી બીજા પરાવર્ત્તન પમાડનારની દિશાએા ભણી આવેછે અને ત્યાંથી પરાવર્ત્તન પામી તમારા કાનમાં આવેછે. એ સઘળું આકૃતિમાં દેખાડયું છે. અવાજના આ ગુણને લીધે પ્રયેાગ મઝાનેા થાયછે, તથાપિ તે કામકાજમાં વખતે અડચણ કરનાર માલૂમ પડયેા છે; ઉદાહરણ **સિસિલીમાં ગીરેન્ટી** નામે નગરમાં મેાટું ખ્રીસ્ત દેવળ છે તેના પશ્ચિમ ભણીના બારણા આગળ કાનમાં છેક પાસે રહી બહુ હળવું બેાલેલું ઊંચી વેદીની પાછળના ખૂણામાં સંભળાયછે અને એવી વાત ચાલેછે કે તે બારણાની પાસે પાપ માનવાનું સ્થળ કરવામાં આવ્યું હતું. પાપનું માનવું માત્ર ત્યાં બેઠેલા ગુરૂના સાંભળવામાં આવવું જોઇએ, પણ ઉપર કહેલા નાદના ગુણે કરીને વેદીના પાછળના ખૂણામાં હેાનાર માણસથી પણ તે ગુપ્ત વાત સંભળાતી હતી. અંતે એ બિના જાણવામાં આવ્યાથી પાપ માનવાની જગા બદલી. એક ભાગમાં બહુજ હળવે બેાલેલું બીજા દૂરના ભાગમાં સંભળાય એવી જગાએા બનાવવામાં ત્યાં જે બનેછે તે અવાજના પરાવર્ત્તન પામવાનેા ગુણ દર્શાવેછે. ઉદાહરણ, **લંડનમાં સંત પાઉલના** દેવળના ઘુમટની અંદર એક પાસે બહુ હળવે બેાલેલું મસ છેટે બાજૂએ સંભળાયછે.

**૪૭. एक सेकंडमां केटलीवार वानुं ध्रुजवुं थवाथी हरकोई सुर थायछे ते जाणवानी रीत.**—મેં તમને પાછળ કહ્યું છે કે જ્યારે કેાઇ ધ્રુજતેા પદાર્થ એક સેકંડમાં હવાપર થેાડા ઘાત કરેછે ત્યારે નીચેા ઊંડેા સુર ઉત્પન્ન થાયછે, અને એક સેકંડમાં તે ઘણા ઘાત કરેછે ત્યારે તીણેા ઊંચેા સુર ઉત્પન્ન થાયછે; માટે સુરના નીચાપણાનેા અને ઊંચાપણાનો આધાર સેકંડમાં હવા ઉપર થતા ઘાતની સંખ્યા ઉપર છે. એક સેકંડમાં કેટલા ઘાતથી અમુક સુર ઉત્પન્ન થાયછે તે પ્રયેાગથી જાણી શકાયછે, અને હું આશા રાખુંછું કે એ શી રીતે થાયછે તે નીચેની આકૃતિ વડે તમને સમજાવી શકીશ.

એ આકૃતિમાં જમણા હાથ ભણી મોટું अ ચક્ર ( પૈડું ) છે તેને ફેરવવાને હાથો છે. એ ચક્રના પરિધ ઉપર મજબૂત તંગ પટો છે તે બીજા ब ચક્રની ધરીપર ભેરવેલો છે. એથી એમ બનેછે કે એ પટા વડે अ ચક્રનો એક આંટો થતાં ब ચક્રની ધરી ઘણા આંટા ફરેછે, અને પોતાની ધરીની જોડે ब ચક્ર પણ ફરેછે—ब ચક્ર બહુ ઝડપથી ફેરવી શકાયછે.




આકૃતિ ૨૩ મી.

વળી તમારા જોવામાં આવેછે કે ब ચક્રને ફરતા પુષ્કળ ઝીણા દાંતા છે. એ દાંતાને લાગેલી એક દોરી ड આગળ છે તેથી પ્રત્યેક દાંતો ત્યાં થઇને જતાં તેને વાગેછે, અને દરેક દાંતો એમ ઘાત કરેછે કે અવાજ સંભળાય છે, કેમકે દાંતો દોરીને વાગેછે એટલે દોરી હવાને વાગેછે. જો ब ચક્રને સો દાંતા હોય તો ब ચક્ર જેટલા કાળમાં એક આંટો ફરે તેટલા કાળમાં સો ઘાત થાય. એક સેકંડમાં ब ચક્ર એક આંટો ફરે તો તેટલા વખતમાં વાયુપર ૧૦૦ ઘાત થાય અને તે માટે એક સેકંડમાં ૧૦૦ નાદ આપણા કાનપર વાગે; તેમાંના એકએકને જુદા પાડી શકીશું નહિ, પરંતુ આપણે એકઠો થઇ ગયેલો, ઊંડો કે બુઠ્ઠો નીચો સુર હોય તેવો સાંભળીશું. હવે હાથાને ઉતાવળે ફેરવ્યાથી ब ચક્રને એક સેકંડમાં ૧૦૦ આંટા કરાવી શકાય, એમાંના દરેક આંટામાં તે દોરી જોડે ૧૦૦ વાર અથડાશે;

એમ અને તેવારે એક સેકંડમાં દોરી ઉપર ૧૦૦ વાર સો કે ૧૦,૦૦૦ વાર ઘાત થાય. એ દશ હજાર ઘાત આપણા કાનને એક સેકંડમાં દશ હજાર વાર વાગશે અને આપણે એકઠો થયેલો ચાલતો તીણો ઊંચો સુર સાંભળીશું.

કોઈ અમુક સુર ઉત્પન્ન થવાને એક સેકંડમાં કેટલા ઘાત થશે તે જાણવું હોય તો આ પ્રમાણે કરો. જે સુરનું માપ કાઢવું હોય તે સુર દોરીથી નીકળે ત્યાંલગી હાથાને વધારે અને વધારે ઝડપથી ફેરવો; અને જોઈએ તેટલી ત્વરાથી ચક્ર ફરે ત્યારે તેટલી ત્વરાથી હાથાને કેટલાક વખત લગી, કહો કે એક મિનિટ પર્યંત કે વધારે વાર, ફેરવ્યાં કરો.

એ ચક્રની જોડે એક ચંદો છે. એ ચંદાનો આકાર વિસ્તારી ચિત્રના નીચલા ભાગમાં દર્શાવ્યો છે. તમે હાથાને ફેરવવા માંડ્યા પછી દોરી ઉપર કેટલા ઘાત થયા તે એ ચંદા ઉપર નોંધાયછે. ખરો સુર (માગેલો સુર) ઉત્પન્ન કરવાને જ્યારે તમે ઘડે એક સરખી રીતે હાથાને ફેરવો ત્યારે બીજા આદમીને ચંદાના કાંટાની સ્થિતિ આરંભમાં ક્યાં હતી અને એક મિનિટને અંતે ક્યાં છે તે જોવાને પાસે રાખજો. ધારો કે તેને એ ચંદાપરથી જણાય કે એક મિનિટમાં દોરી ઉપર સાઠ હજાર ઘાત થયા, એટલે એક સેકંડમાં એક હજાર ઘાત થયા, અને તે ઉપરથી તમે અનુમાન કરશો કે વાયુપર પ્રત્યેક સેકંડમાં એક હજાર ઘાત થવાથી ધારેલો સુર ઉત્પન્ન થાયછે.

## उष्ण थयेला एटले तपेला पदार्थो.

**૪૮. उष्णतानी प्रकृति.**—તમારા જાણવામાં આવ્યું કે વાસ્તવિક ગતિમાં હોનાર પદાર્થમાં શક્તિ છે એમ કહી શકાય, અને તેજ પ્રમાણે ધ્રુજતા પદાર્થ વિષે પણ કહી શકાય. વળી તમે જોયું કે ધ્રુજતો પદાર્થ ધ્રુજવાને લીધે એક સ્થળેથી બીજે સ્થળે જતો નથી, પરંતુ તે આખો એક જગાએ રહેછે અને તેના રજકણો ધ્રુજેછે, અર્થાત્ આગળ જાયછે અને પાછા આવેછે.

હવે તમારે તપેલા પદાર્થો વિષે વિચાર કરવાનો છે. પ્રથમ એ પ્રશ્ન પૂછાય કે ઉષ્ણતા (ગરમી કે તાપ) એ શું છે? એનો ઉત્તર દેવામાં ધારો કે એક લોઢાનો ગોળો અગ્નિમાં મૂક્યો છે, અને ગોળો થાય એટલો તપે તેવારે ધારો કે તેને અગ્નિમાંથી કાઢી લેઈ ત્રાજવાના એક પલ્લામાં મુક્યો, તેને સમતોલ કાટલાં સામા પલ્લામાં મૂક્યાં, અને તેને ટાઢો પડવા દીધો. હવે જો ઉષ્ણતા કોઈ વસ્તુમાં હોય અને તે ગોળામાં પેઠી હોય તો ગોળો ટાઢો પડતો જાય તેમ તે વધારે હલકો થતો જવો જોઇએ એમ આપણે ધારીએ. તથાપિ આ પ્રયોગ જો ઠીકઠાક કરવામાં આવે તો માલૂમ પડશે કે ગોળો ટાઢો પડતો જાયછે તેમ વજનમાં ઓછો થતો નથી, અને તે માટે ગરમી ગમે તેટલી હો પણ તે ગોળામાં હોવાથી ગોળો એક રતીએ વધારે ભારે થતો નથી.

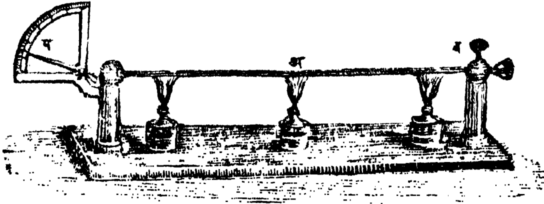
હવે ધારો કે હું નાજુક કાંટાના (એટલે જેથી એક રતી જેટલા ભારની વધઘટ તુરત જણાયછે તેવા કાંટાના) એક પલ્લામાં બેસુંછું અને સામા પલ્લામાં મને તોળે એટલાં કાટલાં મુક્યાં છે. ત્યાર પછી મારા કાનમાં કેટલુંક પાણી મુકવામાં આવેછે. હું પ્રથમ હતો તે કરતાં હવે કાનમાં પાણી મુક્યા પછી વધારે ભારે થયોજ. પરંતુ ધારો કે મારા કાનમાં અવાજ પેસે છે. શું એ અવાજ મને વધારે ભારે કરશે? ના, જરાએ નહિ. જેને કાનનો પડદો કહીએ છીએ તે ઉપર તે ઘાત કરશે અને તેથી તે પડદો ધ્રુજશે અને હું અવાજ સાંભળીશ, તથાપિ અવાજ મારા કાનમાં પેઠાથી હું જરાએ વધારે ભારે થઈશ નહિ. વસ્તુતઃ પાણી કાનમાં પેસેછે તે પદાર્થ પેસેછે અને તેથી હું વધારે ભારે થાઉંછું, પરંતુ અવાજ કાનમાં પેસેછે તે તો એક પ્રકારની **ધ્રુજતી ગતિ** પેસેછે અને તે મને વધારે ભારે કરતો નથી. તો એજ પ્રકારનું કાંઈ તપેલા પદાર્થોમાં બનતું નહિ હોય? ઉષ્ણતાના પ્રવેશનો અર્થ કોઈ જાતની ધ્રુજાવનાર કે રજકણોને આગળ ખસેડનાર અને પાછા હઠાવનાર ગતિનો પ્રવેશ એવો ન થઈ શકે? એ ગતિ પદાર્થના ભારમાં કાંઈ ઉમેરો કરતી નથી.

કોઈ પ્રકારની ધ્રુજાવનાર ગતિજ ઉષ્ણતા છે એવું ધારવાને સબળ કારણો છે, માટે જ્યારે કોઈ પદાર્થ ગરમ થાયછે ત્યારે તેનો પ્રત્યેક અતિ લઘુ રજકણ આગળ પાછળ જવા આવવાની કે ચક્કર ચક્કર ફરવાની ગતિમાં હોયછે. પણ એ રજકણો એટલા બધા સૂક્ષ્મ છે અને તેમની ગતિ એટલી બધી ઉતાવળી છે કે જે વાસ્તવિક થાયછે તે જોવાને આપણી આંખોને સાધન નથી.

તમે પૂછશો કે જો તપેલા પદાર્થના રજકણો એવી ઉતાવળી ગતિવાળી સ્થિતિમાં છે તો તેમાંથી નાદ કેમ નીકળતો નથી? કોઈપદાર્થ સાધારણ ધ્રુજારામાં હોયછે તે વારે આસપાસની હવાને જેમ નાના ઘાત કર્યા જાયછે તેમ તપેલો પદાર્થ શા માટે કરતો નથી ? એનો જવાબ એ છે કે તપેલો પદાર્થ તેની આસપાસ જે છે તેના પર એવા ઘાત કરેછે; પરંતુ એ ઘાત એવા છે કે તેઓ કાનપર અસર કરતા નથી. તથાપિ તેઓ આંખ ઉપર અસર કરેછે, અને તેથી અજવાળું (પ્રકાશ) દેખીએ છીએ. એમ ઘંટ જેવા નાદ કરતા પદાર્થમાં અને તપાને ધોળા થયેલા ગોળામાં કેટલું બધું મળતાપણું છે તે તમે જાણ્યું. બંને પદાર્થોના રજકણો ઉતાવળી ગતિવાળી અવસ્થામાં છે; ઘંટના રજકણો ઘંટની આસપાસના વાયુ ઉપર ઘાત કરેછે, અને વાયુ તેઓને આપણા કાનપર આણેછે; તપેલા ગોળાના રજકણો ગોળાની આસપાસના પદાર્થ ઉપર ઘાત કરેછે અને તે પદાર્થ તેઓને આપણી આંખપર લાવેછે. આ દરેક વિષયમાં બે ભાગ છે; ધ્રુજતા પદાર્થોમાં પ્રથમ આપણે તે પદાર્થોનું જ્ઞાન મેળવવાને લક્ષ લગાડવું પડેછે, કેટલી ત્વરાથી તેઓ ધ્રુજેછે, કેઈ રીતે તેઓ ધ્રુજેછે, ઇત્યાદિ, અને બીજું જાણવાનું એ છે કે તેઓથી અવાજ થાયછે, તે હવામાં કેટલા વેગથી ચલન કરેછે; તેમ તપેલા પદાર્થો વિષે પ્રથમ આપણે તે પદાર્થોનું જ્ઞાન મેળવવા પર ધ્યાન આપવું પડેછે, અને બીજું જાણવાનું એ છે કે તેઓમાંથી પ્રકાશ અને ઉષ્ણતા નીકળેછે તેઓ વચમાંના પદાર્થમાં કેટલે વેગે ચાલેછે.

**૪૧. પદાર્થો તપેછે ત્યારે વિસ્તાર પામેછે.**—જ્યારે કોઈ પદાર્થને ઊનો કરવામાં આવેછે ત્યારે તે વિસ્તાર પામેછે, કોઈકજ વાર નથી પામતો; વિસ્તાર પામેછે તેનો અર્થ એ કે સઘળી મેર મોટો થાયછે. આ સાબીત કરવાને આપણે કોઈ ઘન, કોઈ પ્રવાહી અને કોઈ વાયુરૂપી પદાર્થને ગરમ કરીએ.

**પ્રયોગ ૩૬ મો.**—ધાતુનો લાંબો સળીઓ લઈએ (૨૪ મી આકૃતિ જુઓ). તેને એક છેડે **ન** આગળ સ્ક્રુ(પેચવાળા ખીલા) થી સખ્ત અટકાવેલોછે. પરંતુ તેના બીજા છેડાને વિસ્તાર પામવાને અટકાવ નથી, અને તે વિસ્તાર પામતાં **પ** કાંટાને દાબશે અને તેથી તે કાંટો ઊંચો ચડશે; માટે જો એ સળીઓ ગમે એટલો થોડો વધશે તોએ તે વધવું સહેલથી જોઈ શકાશે, કેમકે તેથી કાંટો પોતાની જગા બદલશે અને ઉપલી મેર ચડશે.




આકૃતિ ૨૪ મી.

હવે એ સળીઆ નીચે બે ત્રણ દીવા મૂકીએ અને તેને તપાવીએ. એમ કરવાથી જણાશે કે સળીઓ વિસ્તાર પામેછે, અને કાંટાને દાબેછે તેથી કાંટો ઊંચો ચડેછે. દીવા લેઈ લેવાથી સળીઓ ટાઢો પડશે, અને થોડા મિનિટમાં કાંટો પાછો તેના પ્રથમના સ્થળે ઉતરશે.

**પ્રયોગ ૩૭ મો.**—આ કાચનો પોલો ગોળો છે અને તેમાં ઝીણી ભૂંગળી છે. એ ગોળામાં પાણી ભરેલુંછે. ગોળાને તાપ લગાડીએ. તે તપવાથી પાણી તેમાંની ઝીણી ભૂંગળીમાં ચડશે. ગરમ થવાથી ગોળો અને પાણી બંને વિસ્તાર પામેછે, પણ ગોળા કરતાં પાણી વધારે વિસ્તાર પામેછે તેણે કરીને તે ભૂંગળીમાં ઉપર

ચડેછે; તે એટલા બળથી વિસ્તાર પામેછે કે તેને જવાને એ ખાલી ભૂંગળી ન હોય તો તે ગોળાને ફાડી નાંખે.

**પ્રયોગ ૩૮ માં.**—બીજો પ્રયોગ કરીએ. એક ફુગ્ગો લઈએ. એનો બે તૃતીયાંશ ભાગ વાથી ભરેલોછે. એને દેવતા ઉપર મૂકી ગરમ કરો. બળે નહિ માટે આમ તેમ ફેરવતા રહેવું. થોડા વખતમાં અંદરની હવા વિસ્તાર પામી ફુગ્ગો પૂરો ભરેલો દેખાશે.

૫૦. **થર્મોમીટર** ( ઉષ્ણતામાપક ).—આ બધા પ્રયોગોપરથી તમારા જોવામાં આવેછે કે ઉષ્ણતાનું વલણ વસ્તુઓને ફૂલાવવાનું (વિસ્તાર પમાડવાનું ) છે. ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ રૂપી સર્વ ચીજોપર તેની એ અસર થાયછે. કાચની પોલી ગોળીમાં પારો ભરેલોછે અને તે ગોળીની ઉપલી મેર ઝીણી કાચની ભૂંગળી છે (આકૃતિ ૨૫મી). એ પારાને ઉષ્ણતા લગાડવાથી શું થાયછે તે જોઈએ. તાપથી પાણીની પેઠે ફુલી ઉપર ઝીણી ભૂંગળી છે તેમાં તે ચઢશે. વાસ્તવિક જોતાં બે વસ્તુઓ વિસ્તાર પામી. પ્રથમતો કાચની ગોળી ફૂલેછે માટે તે ટાઢી હોય તે વારે અને ગરમીથી ફુલે ત્યારે તેને સંપૂર્ણ રીતે માપો તો તે તપ્યા પછી સહજ મોટી માલૂમ પડશે. પરંતુ જેટલો પારો ફુલેછે તેટલી એ ગોળી ફુલતી નથી. તેથી તે ગોળીને જોડેલી નળીમાં જ્યાં પ્રથમ પારો હતો ત્યાંજ તે રહેતો નથી—તેને વધારે જગ્યા જોઈએછે, અને તે જગ્યા તેને નળીમાં ઉપર ચડવાથી મળેછે. એ ઘણી ઝીણી હોવાથી પારાના થોડા ફૂલવાથી તે મસ ઊંચો ચડેછે અને તેથી તે ચડવું આપણી નજરે સહેલથી પડી શકેછે. વસ્તુતઃ તમારા હાથની ગરમીથી એ પારો ભૂંગળીમાં ઉતાવળે ઊંચો ચડશે અને શીતળ વા તે ઉપર ફુંકવાથી તે નીચે ઉતરી જશે. માટે કોઈ વસ્તુ બીજી કોઈ વસ્તુથી વધારે ઊની છે કે ઓછી તે જાણવાને વાસ્તે આ પ્રકારનું ઓજાર ઘણું કામનું છે. અને સ્પર્શથી ( અડકવાથી ) જાણી શકાય તે કરતાં એથી બહુ વધારે ખરૂં જ્ઞાન મળેછે. ઉદાહરણને અર્થે ધારો કે પાણીના વાસણમાં આવા એક ઓજારને તેની નીચલી ગોળી પાણીમાં

રહે તેમ મુકી ત્યાં થોડીવાર રાખ્યું. એમ કરેથી પારાનું મથાળું નળીમાં કોઈ ઠેકાણે સ્થિર રહેશે. જે ઠેકાણે તે આટકી રહે તે બરાબર ધારીને જોઈએ અને ત્યાં નિશાની કરીએ. હવે પારાની બોસીને તે વાસણમાંથી કાઢી લઈએ પ્રમાણે (એટલે ગોળી પાણીમાં રહે તેમ) બીજા પાણીવાળા વાસણમાં મેલી થોડી વાર રાખીએ. જો એ પાણી પેલા પાણીથી વધારે ઊનું હશે તો આપણે કરેલા નિશાનીથી પારો ઊંચો જશે, અર્થાત પારાના સ્તંભનો છેડો ઊંચો હશે; તથાપિ પહેલા પાણી કરતાં બીજું પાણી ટાઢું હશે તો આપણે કરેલા નિશાનાથી પારો નીચે ઉતરશે; એમ નળીમાં પારાની ઊંચાઈ જોવાથી આપણે તુરત કહી શકીએ કે પહેલા વાસણના પાણીથી બીજા વાસણનું પાણી વધારે ઊનું હતું કે વધારે ટાઢું હતું.

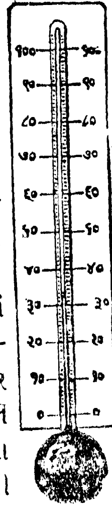
આવા ઓજારને અંગ્રેજીમાં **થર્માંમીટર** કહેછે. એનો અર્થ ઉષ્ણતા (ગરમી કે તાપ) માપનાર છે. થર્માંમીટર શી રીતે બનેછે તે હવે હું તમને કહુંછું.

**૫૧. તેઓને કેમ બનાવવાં.**—થર્માંમીટર બનાવવાને ગ્લાસબ્લોઅરનાં ઓજાર અને કાચની નળી જોઈએ. એ નળીની અંદરનું પોલ બહુ સૂક્ષ્મ હોવું જોઈએ અને તે એક છેડે હવામાં ઉઘાડું જોઈએ. બીજે છેડે ગ્લાસબ્લોઅર વડે તેમાં પોલી ગોળી કરવી. એ ગોળીને દીવાની જ્યોત ઉપર તપાવવી; એમ કરવાથી તેમાંનો વા ફૂલશે (જેમ ફુક્કામાં ફૂલ્યો હતો તેમ): પણ તેની નળીનો બીજો છેડો ખુલ્લો હોવાથી ફૂલેલી હવા તે વાટે બહાર નીકળી જશે. પછી તે હવાને શીતળ થવાનો વખત મળે ત્યાર પહેલાં તે ઝીણી ભૂંગળીના ખુલ્લા છેડાને પારો ભરેલા વાસણમાં પારાના પૃષ્ઠની નીચે ઉતરે તેમ બોળો. યાદ રાખવું કે ગોળામાં પહેલાં કરતાં હવે ઓછો વા છે, કેમકે ગરમી લાગવાથી તેમાંનો કેટલોક જતો રહ્યો છે. તેમાં રહેલો વા ઠંડો થાયછે તેમ સંકોચાઈ તેનું કદ નાનું થાયછે, તેમાં

થયેલી ખાલી પડેલી જગામાં પારાને બહારનું વાતાવરણ ધકેલેછે. જેમ ( કલમ ૩૪ મી ) વાટરપંપમાં પાણીને તે ધકેલેછે તેમ એ ગોળીમાં તે પારાને ધકેલેછે. માટે પારામાંનો થોડો ભાગ ગોળીમાં હડસેલાશે. એમ એ ગોળીમાં થોડો પારો દાખલ થયા પછી એ પારા સહિત ગોળીને અને તેની નળીને સર્વેને દીવાની જ્યોત પર ખુબ તપાવવાં. પારો ઝટ ઉકળવા માંડશે, અને તેની વરાળ થશે તે હવાને ભૂંગળીમાંથી હડસેલી કાઢશે. અંતે ગોળી અને ભૂંગળી બંને પારાની વરાળથી ભરાઇ જશે. એમ થાય એટલે ભૂંગળીના ઉઘાડા છેડાને પારો ભરેલા વાસણમાં ફરીને બોળવો. હવે ગોળીમાં અને ભૂંગળીમાં વા નહોતાં માત્ર પારાની વરાળ છે. એ વરાળ ટાઢી પડશે ત્યારે સંકોચાશે અને અવકાશ ( વાક્યુઅમ, ખાલી પોલ ) બનશે. એમ થતાં વારને જે પારામાં એ ઓજારને મૂકેલું છે તે ઉપલા વાતાવરણના દબાણને લીધે, ગોળી અને નળી ભરાતાં સુધી તેઓમાં પેસશે. એમ ગોળી અને ભૂંગળી પારાથી ભરાય કે તે ટાઢો પડે તે પહેલાં ખુલ્લા છેડાના કાચને ગાળી તેવડે તેને બંધ કરી લેવો, કે તેમાં વા પેશી શકે નહિ. થર્મામીટર કરવાની આ ક્રિયા પૂરી થઇ.

એ થર્મામીટર જોઇએ તેવું શીતળ થાય ત્યારે ભાંગીને ભૂકો કરેલા ને ઓગળવા માંડેલા બરફથી ભરેલી પેટીમાં તેને ઓસવું. બરફ બહુ ટાઢું હોવાથી પારો ભૂંગળીમાં નીચે ઉતરેછે; ( તમને કહેવામાં આવ્યું હતું કે ગોળીને શીતળ પદાર્થમાં મૂકવાથી ભૂંગળીમાંનો પારો નીચે ઉતરેછે. ) પારો ઉતરી રહી ભૂંગળીમાં જ્યાં અટકે ત્યાં કાનસવતી આંકો કરવો; જ્યારે જ્યારે ઓગળનારા બરફમાં કે તેટલી શીતળતાવાળા હરકોઇ પદાર્થમાં થર્મામીટરને મુકવામાં આવશે ત્યારે નળીમાં પારાના સ્તંભની ટોચ તે ઠેકાણે સદા રહેશે. એ કર્યા પછી ગોળી અને ભૂંગળી સુદ્ધાંત થર્મામીટરને ઉકળતા પાણીમાં બોળો, અને જ્યાં પારાના સ્તંભની ટોચ નળીમાં હોય ત્યાં પ્રથમની પેઠે આંકો કરો. એ સ્તંભ ઘણો ઊંચો ચડેલો હોવાનો, કેમકે ગરમ

પાણીને લીધે પારો ફૂલેલો હોવાનો. થર્મામીટરની ઝીણી નળી ઉપર હવે બે આંકો થયા—એક ઓગળતા બરફમાં મૂકવાથી પારાના સ્તંભની ટોચ જે સ્થળે હતી તે સ્થળ દેખાડનાર, અને ગોળી અને ભૂંગળીને ઉકળતા પાણીમાં બોળવાથી જ્યાં તે પારાની ટોચ હતી તે સ્થળ દર્શાવનાર. હવે પછી તમારા જાણવામાં આવશે કે ઉકળતા પાણીની ઉષ્ણતા સદા સરખી હોતી નથી, પણ હાલ તો આપણે એવું માનીએ કે ઉકળતા પાણીમાં સદા સમાન ગરમી હોયછે.




પાણી ઠરી બરફ થાય તે વેળા જે ઉષ્ણતા તેમાં હોયછે તે દેખાડનાર સ્થળે તથા પાણી જે ઉષ્ણતાએ ઉકળેછે તે દર્શાવનાર સ્થળે થર્મામીટરપર નિશાનીઓ કાનસે વતી ઓતર્યા પછી એટલે બિંદુઓની વચ્ચેના આખા અંતરના એકસો સમાન ભાગ કરવા. એ કરવાને આખી ભૂંગળી ઉપર મીણનો લેપ કરવો અને તે લેપ ઉપર સોયની અણી વડે સરખા સો ભાગ ઓતરવા. ત્યાર પછી હાઈડ્રોક્લોરિક આસિદના દ્રવણમાં એ આખી નળીને બોળવી એ આસિદથી મીણ ઉપર કાંઈ અસર થશે નહિ, પરંતુ સોયની અણીએ જ્યાં જ્યાં મીણને ખસેડીને કાચને ખુલ્લો કર્યો છે ત્યાં ત્યાં કાચપર અસર થશે એ દ્રવણમાંથી નળીને બહાર કહાડીશું ત્યારે માલૂમ પડશે કે સોયની અણીએ જ્યાં જ્યાં લીટીઓ કરી હતી ત્યાંનો કાચ કેટલોક ખવાઈ જઈ ત્યાં લીટીઓ ઓતરાયલી જણાશે. વસ્તુતઃ એ લીટીઓ માપની લીટીઓ થઈ. પાણી થીજી જવાના બિંદુ ( નિશાની ) થી ઊંચે ચડતાં પાણી ઉકળવાના બિંદુ લગી આવી પહોંચાયછે. પ્રત્યેક ડગલું કે પગથીયું ( એટલે આંકો ) ઉપર ચડીએ તો તેની નીચેનાથી વધારે ઉષ્ણતા દર્શાવે છે, અને તેનાથી ઉપરના કરતાં વધારે શીતળતા જણાવેછે.

આકૃતિ ૨૫ મી.

છેલ્લે આપણે છેક નીચેના પગથીઆને (આંકાને) ૦ અંશ કહીએ અને છેક ઉપલા પગથીઆને (આંકાને) ૧૦૦ અંશ કહીએ. વળી શૂન્યથી દશમે આંકે દશનો આંક મુકીએ, ત્યાર પછીના દશમે પગથીએ વીસનો આંક મુકીએ અને તેમ નેવું સુધી કરીએ એટલે આપણું થર્મામીટર પૂર્ણ બની રહ્યું.

આવા માપને સેંટીગ્રેડ એટલે સુનથી સો અંશના માપવાળું થર્મામીટર કહેછે; અને બીજા માપવાળા કરતાં એ વધારે સોઈવાળું હોવાથી આપણે હમેશ એને વાપરીશું.

કોઇ વસ્તુમાં એટલી ગરમી હોય કે તેમાં થર્મામીટરને મુકવાથી પારો ૧૦ કે ૨૦ કે ૩૦ અંશ પર્યંત ચડે તો આપણે કહીએ છીએ કે તેનું ઉષ્ણતામાન ૧૦, ૨૦, કે ૩૦ અંશ છે. એથી ઓછું કે વધારે હોય તો ઓછું કે વધારે કહીએ. ઓગળતા બરફનું ઉષ્ણુમાન ૦ અંશ (સુન અંશ ટુંકામાં 0° એમ લખાયછે) સેંટીગ્રેડ માપ પ્રમાણે છે, અને ઉકળતા પાણીનું ઉષ્ણતામાન તેજ માપ પ્રમાણે ૧૦૦° અંશ છે (સો અંશ ૧૦૦° એમ લખાયછે); ઊનાળામાં ૨૦° સુધીની ગરમી સમશીતોષ્ણ દેશોમાં ઠીક ગણાયછે; આપણા લોહીની ઉષ્ણતા ૩૫° છે, અને તે રક્ત ઉષ્ણતા કહેવાય છે. વસ્તુતઃ આવું ઓજાર ઉષ્ણતાનું ખરેખરૂં માપ કરવાનું સાધન છે.

૫૨. घन पदार्थोनुं फूलवुं (विस्तार पामवुं).—૩૯ મા પ્રયોગમાં કહી છે તેની પણ તેથી વધારે ખરૂં ફળ દર્શાવનારી રીતે પાણીનું બરફ બિંદુ અને ઉકળવાનું બિંદુ એ બેની વચ્ચે, એટલે થર્મામીટર પર 0°થી ૧૦૦° સુધીમાં કાચના સળીઆ કે ધાતુઓના સળીઆ કેટલા ફૂલેછે તે શોધી કાઢવામાં આવ્યું છે. નીચેના કોઠામાં એ ફૂલવાનું માપ લખ્યું છે—

એક લાખ ઇન્ચ લાંબા સળીઆનું પાણીનું બરફ થવાના બિંદુથી પાણીના ઉકળવાના બિંદુ સુધીમાં વિસ્તાર પામવું.

| | | |
|---|---|---|
| કાચ | ૮૫ | ઇંચ. |
| ત્રાંબું | ૧૭૧ | ,, |
| પીતળ | ૧૮૮ | ,, |
| નરમ લેાઢું | ૧૨૦ | ,, |
| ભરત લેાઢું | ૧૦૯ | ,, |
| ગજવેલ (ખરૂં લેાઢું) | ૧૧૪ | ,, |
| સીસું | ૨૮૨ | ,, |
| કલાઈ | ૧૯૬ | ,, |
| રૂપું | ૧૯૨ | ,, |
| સેાનું | ૧૪૪ | ,, |
| પ્લાટિનમ | ૮૭ | ,, |
| જસદ | ૨૯૮ | ,, |

૫૩. **પ્રવાહીનું વિસ્તાર પામવું.**—ઉષ્ણતા વધારવાથી ઘન પદાર્થો કરતાં પ્રવાહી પદાર્થો વધારે ફુલેછે, પણ તમે પ્રવાહી સળીઆ ઉપર પ્રયેાગ કરી શકતા નથી, કેમકે પ્રવાહીના સળીઆ થઈ શકતા નથી, એનું તેા અમુક માપું ભરીને લઈએ. એક શેરનું માપું લેઈ પાણીનું બરફ થાય તે બિંદુએ એક લાખ શેર પ્રવાહી હેાય તેને પાણી ઉકળે તેટલી ગરમી લગાડવાથી તેમાંનું કેટલું ઉભરાઈ જશે તેની ખબર કાઢીએ.

જેા એક લાખ શેર પારાને૦°થી૧૦૦° એટલે પાણીના થીજવાના બિંદુથી પાણીના ઉકળવાના બિંદુ સુધી ચડે એટલેા ઉનેા કરીએ તેા તેમાંનેા ૧૮૧૫ શેર ઉભરાઈ જશે; જેા એક લાખ શેર પાણીને તેટલું ગરમ કરીએ તેા ૪૩૧૫ શેર ઉભરાઈ જશે.

એવા પ્રયોગથી માલૂમ પડ્યું છે કે

**ઉષ્ણતાના સમાન વધારાથી ઘન પદાર્થો કરતાં પ્રવાહી પદાર્થો વધારે વિસ્તાર પામેછે, અને થોડી ઉષ્ણતાથી જેટલી ઉતાવળે પ્રવાહી પદાર્થો ફૂલેછે તે કરતાં ઘણી ઉષ્ણતાથી વધારે ઉતાવળે ફૂલેછે.**

૫૪. **वायुओ (ग्यासो) नुं विस्तार पामवुं.**—ઉષ્ણતાથી વાયુઓ વિસ્તાર પામે છે અને તે વિસ્તાર ઘણો હોય છે; પણ અહિં આપણે યાદ રાખવું કે ઉષ્ણતા સિવાય બીજાં કારણોથી પણ તે વિસ્તાર પામે છે (ફૂલેછે). એર-પંપ ઉપરના વાસણમાંના વાયુને કાઢી લેવા માંડ્યો ત્યારે તેમાં મૂકેલી રબરની દડી ફૂલવા લાગી (પ્રયોગ ૨૫ મો). વાસ્તે ઉષ્ણતાથી વાયુનું અમુક પરિમાણ કેટલું વિસ્તાર પામે છે તે જોવું હોય ત્યારે આપણે સંભાળ રાખવી કે તે વાયુની આસપાસ હવા હોય તેના દબાણમાં વિકાર થાય નહિ; બીજા બોલમાં, માંહે કાંઈક વાયુવાળો ફુક્કો લઈ તેને ખુલ્લી હવામાં ગરમ કરવાથી તે કેટલો ફૂલેછે તે જોવું—અર્થાત્ વાતાવરણના નહિ બદલાતા દબાણમાં—પાણીના થીજી જવાના અને ઉકળવાનાં બિંદુઓની વચ્ચે.

એ પ્રમાણે કરવામાં આવ્યાથી માલૂમ પડ્યું છે કે જો હવાથી પૂર્ણ ભરેલો નહિ એવા ફુક્કાનું કદ જળ-થીજ બિંદુએ ૧૦૦૦ ઘન ઇંચ હોય તો જળ-ઉકાળ બિંદુએ તેનું કદ ૧૩૬૭ ઘન ઇંચ થાય. માટે જો બરફ થાય તેટલું થંડું પાણી આપણી કને હોય અને એક હજાર ઘનઇન્ચ વાયુ ભરેલા ફુક્કાને તેની અંદર ડૂબાવીએ તો તે પાણી વાસણમાં ૧૦૦૦ ઘન ઇન્ચ અવકાશ થાય તેટલું ઊંચું ચડે—તે ફુક્કાને લીધે પાણીના કદમાં એટલો વધારો થયો. તથાપિ તેજ વાસણમાં ઉકળતું પાણી ભરી તે ફુક્કાને તેની અંદર ડૂબાવીશું તો માલૂમ પડશે કે ૧૩૬૭ ઘન ઇન્ચ અવકાશ રોકે તેટલું તેમાં પાણી ઊંચું ચડશે—એટલી ઉષ્ણતાએ ફુક્કાનું કદ એટલું હોયછે તેથી.

૫૫. **विस्तार विषे अवलोकन.**—પ્રવાહી પદાર્થો અને ઘન પદાર્થો અતિ બળથી વિસ્તાર પામેછે. લોઢાના પોલા ગોળાને પાણીથી પૂરો ભરી તેનું ઢાંકણું બંધ સ્કૃથી સજડ કરી લઇએ અને પછી તેને તપાવીએ તો પાણીના વિસ્તાર પામવાનું બળ તે ગોળાને ફાડી નાંખે એટલું બધું હોવાનું.

લોઢાના અને ભૂંગળાના મોટા પૂલોમાં લોઢાને ફૂલવામાં હરકત ન પડે તેવી ગોઠવણ રાખેછે: કેમકે શિયાળાના મધ્ય ભાગમાં એવા પૂલો જેટલા લાંબા હોયછે તેથી ઊનાળાના મધ્ય ભાગમાં કાંઇક વધારે લાંબા થાયછે, વાસ્તે જો તેઓને લાંબા થવાની જગ્યા ન મળે તો વિસ્તાર પમાડનારૂં બળ તેઓને નુકસાન કરે. લોઢાનાં ભૂંગળાંનો **મેને પૂલ** છે તે વિસ્તાર પામી શકે તેવી ગોઠવણ તેની રચનામાં છે.

વિસ્તાર પામવાના અને સંકોચન પામવાના બળનો ઉપયોગ આપણે ઘણાં કામોમાં કરીએ છીએ—ઉદાહરણ, ગાડીનાં પૈડાં બનાવવામાં. પ્રથમ લોઢાની વાટને લાલ થતાં સુધી તપાવવામાં આવેછે, અને તેવી સ્થિતિમાં તેને પૈડાં ઉપર ચડાવેછે. એ વેળા તે ઢીલી હોયછે. પછી તેને ઉતાવળે ટાઢી પાડે છે. ટાઢી પાડવામાં તે સંકોચાયછે, પૈડાને પકડેછે અને સજડ બેસતી આવેછે.

૫૬. **विशेष उष्णता.**—કેટલાક પદાર્થોને તેઓનું ઉષ્ણતામાન એક અંશ વધારવાને બીજા પદાર્થો કરતાં વધારે ગરમી જોઇએ છે. હરકોઇ પદાર્થના એક પાઉંડ પાણીનું ઉષ્ણતામાન એક અંશ વધારવાને જેટલી ઉષ્ણતા જોઇએ તેટલી ઉષ્ણતાને **વિશેષ ઉષ્ણતા** કહેછે. પાણીની વિશેષ ઉષ્ણતા ઘણી છે; એમ કહેવાનો અર્થ એ કે એક પાઉંડ પાણીનું ઉષ્ણતામાન એક અંશ વધારવાને લગભગ હરકોઇ બીજા પદાર્થથી વધારે ગરમી જોઇએ છે. જેટલી ઉષ્ણતાથી એક પાઉંડ પાણીનું ઉષ્ણતામાન એક અંશ વધે તેટલી ઉષ્ણતા વડે નવ પાઉંડ લોઢાનું ઉષ્ણતામાન એક અંશ વધેછે,

અગીઆર પાઉંડ જસદનું ઉષ્ણુતામાન એક અંશ વધેછે, ત્રીસ પાઉંડ પારાનું કે ત્રીસ પાઉંડ સોનાનું તેટલી ગરમી લગાડવાથી એક અંશ ઉષ્ણુતામાન વધેછે.

**प्रयोग ३९ मो.**—પાણીની વિશેષ ઉષ્ણુતા ઝાઝી છે તેની ખાત્રી તમને થાય માટે બે પાઉંડ પારો લેઈ તેનું ઉષ્ણુતામાન ૧૦૦° થાય તેટલો એટલે પાણીના ઉકાળ બિંદુ જેટલો તેને તપાવીએ અને પછી તેને સાધારણ ઉષ્ણુતામાનવાળા પાણીમાં ભેળીએ. એ ભેળો કર્યાની પૂર્વે તે પાણીમાં થર્મોમીટર મુકવાથી તેનું ઉષ્ણુતામાન કેટલું હતું અને ભેળો થયા કેડે કેટલું થયું તે જોશો તો જણાશે કે એકસો અંશ ઉષ્ણુતાવાળો પારો રેડયા પછી તે પાણીનું ઉષ્ણુતામાન ૫° થી ભાગ્યે વધારે થયું છે.

**५७. रूपांतर के अवस्थांतर.**—ઘન, પ્રવાહી, અને વાયુ રૂપી એવાં પદાર્થનાં ત્રણ રૂપો છે એ તમારા જાણવામાં છે. હવે મારે તમને કહેવાનું એ છે કે પદાર્થને તપાવવાથી **ઘન** રૂપ છોડી તે પ્રવાહી થાયછે, અને પછી પ્રવાહીનું વાયુ **રૂપ થાયછે**. તમને **પ્રવેશ પોથી**માં જણાવ્યું છે કે બરફ, **પાણી**, અને વરાળ એ ત્રણેની બનાવટમાં કાંઈએ ફેર નથી, ઉષ્ણુતા લાગવાથી બરફનું પાણી થાયછે, અને પાણીને ઉષ્ણુતા લાગવાથી તેની વરાળ થાયછે. (બરફને ગરમી લગાડીએ તો તેનું પાણી થાય અને તે પાણીને તપાવવું જારી રાખીએ તો તેની વરાળ થાય.) બીજા પદાર્થોને એ પ્રમાણે તપાવવાથી તેઓના રૂપમાં એવોજ વિકાર થશે. ઉદાહરણ, જસત નામે ધાતુ છે તેના કકડાને તપાવીએ; કેટલાક વખત પછી તે ગળી જશે અને ત્યારપછી તાપ દેવો જારી રાખીશું તો જસતની વરાળ રૂપે તે રસ જતો રહેશે. કઠણ લોઢાને કે ગજવેલને પણ ગાળી શકાય અને વરાળ રૂપે ઉરાડી દેઈ શકાય; અને સંભવેછે કે વિદ્યુત (ઇલેક્ટ્રિસિટી, એવિષે આગળ વધારે કહેવામાં આવશે) વડે હરકોઈ પદાર્થને એટલો તપાવી શકાય કે તે વરાળ કે વાયુ રૂપે ઊડી જાય.

પરંતુ આપણે ઘન રૂપમાં કે પ્રવાહી રૂપમાં પણ લાવી શકાય એટલા શીતળ સઘળા પદાર્થોને કરી શકતા નથી. ઉદાહરણ, શુદ્ધ (અમિશ્ર) મદ્યસારને ઠારી ઘન રૂપમાં આજપર્યંત આણી શકાયો નથી; તથાપિ આપણે સારી પેઠે જાણીએ છીએ કે તે કરવામાં પાર પડવાને (મદ્યસારને ઠારવાને) વધારે શીતળતા માત્ર મેળવવી જોઈએ. થોડા વખતપર વાતાવરણિક હવા પ્રવાહી રૂપ ધારણ કરે એટલી ટાઢી કરી શકવામાં આવીછે ત્યાર પહેલાં તેમ કદી થઈ શક્યું નહતું; એને પ્રવાહી કરવાને પણ વધારે ટાઢેકનો ખપ છે. મેં કહ્યું તે ઉપરથી તમારે એમ ધારવું નહિ કે ઉષ્ણતાના અભાવ (ગરમીની ગેરહાજરી) વિના ટાઢ કાંઈ બીજી વસ્તુ છે. ટાઢો પદાર્થ એનો અર્થ એ કે તેમાં ઉષ્ણતા ઓછી છે, અને તેથી વધારે ટાઢો એટલે તેમાં ઉષ્ણતા વધારે ઓછી; પણ ટાઢામાં ટાઢો (વધારેમાં વધારે ટાઢો) પદાર્થ આપણે કરી શકીએ છીએ તેમાં પણ થોડી ગરમી બાકી રહેલી હોયછે. આ બાબત સ્પર્શેંદ્રિયની લાગણી ઉપર આધાર રાખશો નહિ. થર્મોમીટરથી બે પદાર્થોની ગરમી સરખી જણાય, તોપણ તમારા હાથને તેમાંનો એક બીજાથી વધારે ટાઢો લાગે; જો તમે તમારો એક હાથ કેટલાક વખત સુધી ઘણા ટાઢા પાણીમાં રાખો અને બીજો ઘણા ઊના પાણીમાં રાખો અને પછી સાધારણ ઉષ્ણતાવાળા પાણીમાં બંનેને બોળો તો તે પાણી એક હાથને ઊનું લાગશે અને બીજાને ટાઢું લાગશે. માટે થર્મોમીટર વિના બીજા કશા ઉપર આધાર રાખશો નહિ, અને ઉષ્ણતાનો અભાવ (ગેરહાજરી) તે ઠંડી, શીતળતા એજ છે, બીજું કાંઈ છે એવું ધારશો નહિ.

આપણા વિષય પર પાછા આવીએ. એમ સંભવેછે કે સકળ પદાર્થો, જો તેમને જોઈએ તેટલા ટાઢા કરવામાં આવે એટલે તેમનામાંની ઉષ્ણતા જોઈએ તેટલી કાઢી લેવામાં આવે તો ઘન રૂપ ધારણ કરે; પછી પ્રત્યેકને જોઈએ તેટલો ગરમ કરવામાં આવે તો તે પ્રવાહી બને અને તે તપાવવો જારી

રાખવામાં આવે તો અંતે વરાળ કે વાયુ રૂપે ઊડી જાય. પરંતુ બધા પદાર્થો સરખી સહેલાઇથી પોતાની અવસ્થા બદલતા નથી. ગરમી લગાડવાથી બરફ ઝટ ઓગળી જાય છે; કલાઇ કે સીસું ૨૦૦ કે ૩૦૦ અંશ ઉપરાંત ઉષ્ણતા લાગેછે ત્યારે ઓગળેછે; સીસા કરતાં લોઢાને ગાળવું કઠણ પડેછે. જે પદાર્થને ગાળવું કઠણ પડેછે તેને ઇંગ્રેજીમાં **રિફ્રેક્ટોરી** કહેછે; ગૂજરાતીમાં તેને **હઠીલો** કહીએ તો ચાલે.

કેટલીક અતિ ઉપયોગી વસ્તુઓ કેટલી ઉષ્ણતામાને ઓગળેછે તે નીચલા કોઠામાં દર્શાવ્યું છે:—

| | | |
|---|---|---|
| બરફ | ૦° | ઓગળેછે. |
| ફાસફોરસ | ૪૪° | ,, |
| સ્પર્માસેટી | ૪૯° | ,, |
| પોટાશિઅમ | ૫૮° | ,, |
| સોડીઅમ | ૯૭° | ,, |
| કલાઇ | ૨૩૫° | ,, |
| સીસું | ૩૨૫° | ,, |
| રૂપું | ૧૦૦૦° | ,, |
| સોનું | ૧૨૫૦° | ,, |
| લોઢું | ૧૫૦૦° | ,, |

પ્લાટિનમને ગાળવું એટલું મુશ્કેલ છે કે તે કેટલી ગરમીએ ગળેછે તે આપણે કહી શકતા નથી. અને કાર્બનને ગાળવો એથીએ વધારે મુશ્કેલ છે—વધારેમાં વધારે તપેલા અગ્નિમાં કોયલા કે કાર્બોન હમેશ ઘન હોયછે; અને ભઠ્ઠીમાં કોયલા ઓગળી જઇ તેનો રસ ભઠ્ઠીની જાળીમાંથી વહી ગયેલો કોઇએ જાણ્યો નથી.

બધા પદાર્થોમાં એજ પ્રકારનું રૂપાન્તર કે અવસ્થાન્તર ગરમી વડે થાયછે એવું એ પરથી માલૂમ પડેછે; અર્થાત્ જોઇએ તેટલા નીચા ઉષ્ણતામાનને પહોંચી શકીએ (જોઇએ તેટલી શીતળતા મેળવી શકીએ) તો સઘળા પદાર્થો ઠરી

બરફ જેવા ઘન અને તથા જોઈએ તેટલા ઊંચા ઉષ્ણતામાનને પહોંચી શકાય તો (જોઇએ તેટલી ગરમી મેળવી શકાય તો) સર્વ પદાર્થો વરાળ જેવા વાયુરૂપ બને; વસ્તુતઃ જે વિકાર થાયછે તે એક સરખા પ્રકારનો છે, અને એ બાબતમાં બીજી બધી વસ્તુઓમાં જે બનેછે તે દેખાડવાને પાણીનું ઉદાહરણ સર્વોત્તમ છે. ઉષ્ણતા લાગવાથી તે શી રીતે વર્તે છે તેનું અવલોકન કરીએ. બરફ રૂપે ઘનાવસ્થામાં હોય છે તેથી આરંભ કરીએ.

૬૮. **पाणीनी गुप्त उष्णता.**—બહુ શીતળ બરફ લેઈ તેને ખાંડી ઝીણા કકડા કરીએ અને તેમાં થર્મામીટરની ગોળી બોળીએ. જેને આપણે ૦° કહીએ છીએ તેની નીચે ૨૦° પર પારો આવી રહ્યોછે એમ ધારીએ. હવે બરફને તાપ દેઈએ. તપાવવાથી જેમ બીજા ઘન પદાર્થોનું ઉષ્ણતામાન વધેછે તેમ તેનું પણ પારો ૦° આવતાં પર્યંત વધશે, પરંતુ ત્યાં પારો અટકશે અને જ્યાં લગી કાંઇ પણ બરફ રહેશે ત્યાંલગી તાપ દેવો જારી રાખ્યા છતાં તે ઉપર ચડશે નહિ. જો શૂન્ય બિંદુથી ઉષ્ણતામાનને વધાર્યું નહિ તો ગરમી શું કરતી હતી? આપણે જવાબ દેઇએ કે તે બરફને પીગળાવતી હતી. ઘણા શીતળ બરફનું ઉષ્ણતામાન વધારવામાં પ્રથમ બધી ઉષ્ણતા ખપી જાયછે, પણ એ ઉષ્ણતામાન ૦° થાયછે ત્યારે ગરમી કેવળ બીજું કામ કરેછે; તેનું બળ બરફને ઓગળવામાં ખપેછે, અને બધું બરફ ઓગળી રહેછે ત્યારે તેના પાણીનું ઉષ્ણતામાન માત્ર ૦° છે, પીગળતા બરફથી તે વધારે ઊનું નથી. વસ્તુતઃ પાણી ૦° હોયછે તેનું અને બરફ ૦° હોયછે તેવારે બંનેનું ઉષ્ણતામાન સમાન છે, પણ તેની જોડે તેમાં પુષ્કળ વધારે ઉષ્ણતા હોયછે, તેને ગુપ્ત ઉષ્ણતા કહેવામાં આવેછે, કેમકે તે થર્મામીટરપર અસર કરતી નથી.

**प्रयोग ४० मो.**—ચીનાઇ પત્રાના વાસણમાં ખાંડેલું બરફ મૂકી તેમાં માત્ર થોડુંજ બરફ રહે ત્યાં લગી તેને દીવા ઉપર તપાવવાથી

ઉપર કહ્યું તે સિદ્ધ થઈ શકશે. એ વેળા તેમાં થર્મોમીટર મુકવાથી જણાશે કે ઉષ્ણતામાન ૦°થી ભાગ્યે વધારે છે, અથવા વસ્તુતઃ એાગળ્યાની પૂર્વે બરફ જેટલું ટાઢું હતું તેટલુંજ એાગળેલું બરફ ટાઢું છે.

૬૯. **वराळनी गुप्त उष्णता.**—આપણે બરફનું પાણી બનાવ્યું, અને એ પાણીને ગરમી લગાડવી જારી રાખીશું તેા સાધારણ રીતે જેમ બીજી ચીજેાની ઉષ્ણતા વધેછે તેમ તેની વધશે. પણ ઉકાળબિંદુ એટલે ૧૦૦° લગી ચઢ્યા પછી તે અટકશે. પાણીને તાપ લગાડવેા જારી રાખીશું તેા તેનું ઉષ્ણતામાન વધારે ન થતાં તેની વરાળ થશે અને વરાળનું ઉષ્ણતામાન ૧૦૦° છે, તેથી વધારે નથી. વસ્તુતઃ જેમ જળઠાર બિંદુએ (પાણી થીજી બરફ થાયછે તે બિંદુએ) બરફ આવ્યા પછી તેને વિશ્વારી જળઠાર બિંદુવાળું પાણી કરવામાં ઘણી ઉષ્ણતા ખપી ગઈ તેમ ઉકાળ બિંદુ પર આવેલા પાણીને તેજ ઉષ્ણતામાનની (જળઉકાળ બિંદુની) વરાળ કરવાને ઘણી ગરમી ખપી જાયછે. વાસ્તે એમ કહી શકીએ કે ૧૦૦° વરાળ અને ૧૦૦° પાણી સમાન છે. પણ તેજ વખતે તેમાં તે ઉપરાંત ઘણી ગરમી છે, પણ તે થર્મોમીટર ઉપર કાર્ય કરતી નથી તેથી તેને આપણે ગુપ્ત ઉષ્ણતા કહીએ છીએ.

**प्रयोग ४१ मो.**—ફ્લાસ્કમાં (એક જાતની કાચની સીસીમાં) પાણી ઉકાળીને પ્રથમ તે ઉકળતા પાણીમાં અને પછી વરાળમાં થર્મોમીટર મુકી તમે એ સાબીત કરી શકશેા. તે બંનેનું ઉષ્ણતાઃ માન સમાન માલૂમ પડશે. એટલે બીજા બેાલમાં કહીએ તેા ખળખળતા પાણીથી વરાળ વધારે ઊની નથી.

એમ આપણે જાણ્યું કે બરફને પાણીના રૂપમાં આણવાને ગુપ્ત ઉષ્ણતા જોઈએ, અને વરાળનું રૂપ આપવાને પાણીને ગુપ્ત ઉષ્ણતાની ગરજ છે. ૦° એ એક પાઉંડ બરફ હેાય તેને તેટલીજ ઉષ્ણતામાનવાળું એક પાઉંડ પાણી કરવાને કેટલી ગરમી જોઈએ તે માપી શકાયછે, અને તે માપતાં માલૂમ પડ્યું

છે કે ૭૯ પાઉંડ પાણીને એક અંશ ઉષ્ણતામાન પર ચઢાવવાને જેટલી ઉષ્ણતા જોઈએ તેટલી તેને જોઈએ, અને પાણીની ગુપ્ત ઉષ્ણતા ૭૯ ની બરોબર છે એમ કહેવાનો અર્થ એ છે. એજ પ્રમાણે જણાયું છે કે વરાળની ગુપ્ત ઉષ્ણતા ૫૩૭ છે; એનો અર્થ એ કે ૫૩૭ પાઉંડ પાણીને એક અંશ ઉષ્ણતાએ આણવાને જેટલી ગરમી જોઈએ તેટલી ગરમી ૧૦૦° ના પાણીની તેની સમાન ઉષ્ણતામાન (૧૦૦° ઉષ્ણતા) ની વરાળ કરવાને જોઈએ છે.

બરફને ઓગાળવાને એમ મસ ઉષ્ણતા ખપેછે અને તેણે કરીને તેને ઓગળતાં મસ વખત લાગેછે. એ નિયમ ખરે બહુ ગુણકારી છે, કેમકે ઓગાળ બિંદુ પર આવેલું બરફ ગમે એટલો થોડો તાપ લાગતાં એકદમ ઓગળી પાણી થઈ જાય તો શું બને? તેમ થાય તો પૃથ્વીના ઘણા ભાગ પર માણસ વશી શકે નહિ, કારણ કે પર્વતો ઉપરનું બધું બરફ (શીઆળો ગયા પછી) વસંત ઋતુમાં તડકો પડતાં વારને એક **દિવસમાં** એકદમ ઓગળી જાય અને તેના પાણીનો એટલો મોટો જથો અતિ મોટા બળથી અને ત્વરાથી ધશી આવે કે તેના માર્ગમાં જે હોય તે બધાને તે ઘસડી જાય અને નીચાણમાં આવેલા વિશાળ પ્રદેશો પાણીમાં ડૂબી જાય. તેમજ ઉકાળ બિંદુએ આવેલા ખળખળતા પાણીની વરાળ થવાને ઘણી ઉષ્ણતાનો ખપ પડેછે તે પણ બહુ સારૂં છે; કેમકે ધારો કે તે બિંદુએ આવેલા પાણીને જરાક વધારે ગરમી લગાડવાથી તે બધાની વરાળ એકદમ થઈ જાય તો પ્રત્યેક ચાદાનીને અને બોઈલરને વરાળ ફાડી નાંખે અને સ્ટીમ ઇંજીન હોઈ શકેજ નહિ.

તમને કહેવામાં આવ્યુંછે કે વાતાવરણની હવાના જેવી વરાળ પણ હવા કે ગ્યાસ છે, અને **પ્રવેશ પોથીમાં** જણાવ્યું છે કે ખરી વરાળ દૃષ્ટિગોચર નથી. ઢાંકણું દીધેલી ચાદાનીમાં પાણી ખળખળ ઉકળતું હોયછે ત્યારે તેના નાળચાના કાણાની છેક સોડે કાંઈ દેખાતું નથી, તથાપિ તેથી અર્ધા એક ઇંચને છેટે

વાદળું જણાયછે. તેમજ રેલવેના ઇંજીનની વરાળ કાઢી નાંખવાના ભુંગળામાંથી વરાળ નીકળેછે ત્યારે તે ભુંગળાના મોઢાની છેક પાસે કાંઈ દીસતું નથી, પણ તેની ઉપર થોડે અંતરે વાદળું દેખાય છે. એ અદૃશ્ય વસ્તુ બહાર આવેછે તે ખરી વરાળ છે, અને વાદળું નજરે પડેછે તે પાણીનાં બહુ ઝીણાં ટીપાં છે. વરાળ ટાઢી પડેછે તેમ એ ટીપાં બંધાય છે, માટે તે વરાળ નથી, પણ પાણી છે. ખરી વરાળ સાધારણ હવા કે હરકોઈ બીજા વાયુ (ગ્યાસ)ની પેઠે અગોચર છે.

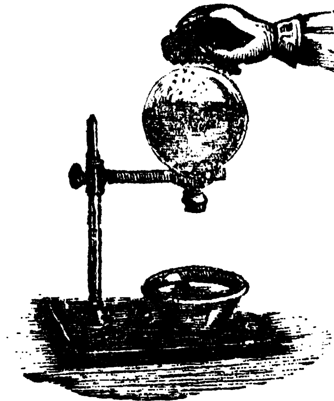
**૬૦. उकळवुं अने सूकावुं.**—પાણી ઉકળેછે તેવારે તેમાંથી વરાળ નીકળેછે તે વિષે મેં તમને કહ્યું. પરંતુ પાણી ઉકળ્યા પહેલાં તેમાંથી વરાળ નીકળતી નથી એમ હું કહેતો નથી, કારણ કે તે તો સત્યવિરૂદ્ધ છે: તમારા સઘળાના જોવામાં આવ્યું હશે કે વાસણમાં પાણી ભરી દેવતા ઉપર મુક્યું હોય તે ઉકળવા માંડયાની પૂર્વે ઘણા વખતથી તેમાંથી વરાળ નીકળતી જણાય છે. વળી બેશક તમારા દીઠામાં આવ્યું હશે કે ભીની વસ્તુ કે મસ પાણીવાળી ચીજ અગ્નિની પાસે હોયછે તે સુકાઈ જાયછે—અર્થાત્ તેમાંનું પાણી વરાળ રૂપે ઊડી જાયછે. પાણી ઉકળતું નથી હોતું તેવારે તેમાંથી વરાળ નીકળેછે તે **સુકાવું** કહેવાયછે, અને પાણી ખળખળેછે તે **ઉકળવું** કહેવાય છે. એ બેમાં ભેદ આ છે. દેવતા ઉપર પાણીને ઊનું કરવામાં આવેછે ત્યારે ગરમી પ્રથમ બે કામ કરે છે. એક તો પાણીને ઊનું કરેછે અને બીજું તેમાંના કેટલાક ભાગને સુકવે છે; પણ જ્યારે પાણીની ઉષ્ણતા ૧૦૦° થાયછે એટલે ઉકાળ બિંદુએ પહોંચેછે ત્યારે તે પાણીને વધારે ઊનું કરી શકતી નથી; પછી અગ્નિનું બધું બળ પાણીની વરાળ કરવામાં કામે લાગેછે. એ વરાળ તેના મથાળા પરથી નીકળેછે એટલુંજ નહિ, પણ તળીએથીએ નીકળેછે. તળેથી વરાળના પરપોટા પાણીમાં થઈ ઉપર આવી હવામાં ઊડી જાયછે તેવારે અવાજ થાયછે તેને આપણે ખળખળવું કે ઉકળવું કહીએ છીએ.

**૬૧. उकाळबिंदुनो आधार दबाण उपर छे.**—હવે મારે કહેવાનું

એ છે કે જેમ બરફ઼ ઓગળવાનું ઉષ્ણતામાન બિંદુ નક્કી છે તેમ પાણી ઉકળવાનું બિંદુ મુકરર નથી, તેનો આધાર વાના દબાણ ઉપર છે. વાનું દબાણ ઓછું હોય તો સોથી ઓછે અંશે પાણી ઉકળેછે. તમને કહેવામાં આવ્યુંછે કે પર્વતની તળેટી પર વાતાવરણનું જેટલું દબાણ છે તે કરતાં તેના મથાળા પર ઓછું છે. તેનું કારણ એ કે મથાળે ઊંડાણ ઓછું છે અને તેથી કરીને તમારા ઉપર ઓછો ભાર કે દબાણ છે, એ તમને સાંભરતું હશે. **સ્વિત્ઝર્લાંડમાં મોંટબ્લાંક** નામે પર્વત છે તે ત્રણ માઈલ ઊંચો છે. ત્યાં ૮૫° એ પાણી ઉકળેછે; જો કોઈ પ્રવાસી એ પર્વતને શિખરે વાસણમાં પાણી ઉકાળે ને તે ઉકળતા પાણીમાં ઇંડું બાફવા મૂકે તો તે બફાવાનું નહિ; કલાકના કલાક લગી ઉકળતા પાણીમાં રહે, તથાપિ ઇંડું કઠણ થવાનું નહિ, કેમકે ૮૫° ઉષ્ણતા તેની અંદરની સફેતીને કઠણ કરવાને પૂરતી નથી.

પણ જો આપણે પાણીને ઘણી ઊંડી ખાણને તળીએ ઉકાળીએ તો ઉકાળબિંદુ ૧૦૦° થી કેટલુંક ઊંચું જશે.

**પ્રયોગ ૪૨ મો.**—નીચેના ઘણા સાદા પ્રયોગથી તમે જોશો કે



આકૃતિ ૨૬ મી.

ઉકાળબિંદુની ઉષ્ણતાનો આધાર પાણીના પૃષ્ઠ ઉપર ગ્યાસ કે

વાના દબાણની ઉપર છે. કાચનું એક ફ્લાસ્ક લેઈ તેનો અર્ધો ભાગ ભરાય એટલું પાણી તેમાં રેડીએ, અને પછી તે પાણીની વરાળ ફ્લાસ્કમાંની હવાને ધકેલી બહાર કાઢે ત્યાંલગી તેને ઉકળવા દેઈએ. એમ થયેથી તે ફ્લાસ્કમાં માત્ર પાણી અને તેની વરાળ હોવાની. હવે તેને બૂચનો સખ્ત બેસતો આવે તેવો ડાટો દેઈ દીવાપરથી લેઈ લો અને ૨૬ મી આકૃતિમાં દેખાડ્યા પ્રમાણે ઊંધો મૂકો; અંદરનું પાણી ખદખદતું રહી જાય તે વારે વાદળી વતે ફ્લાસ્ક ઉપર ટાઢું પાણી રેડો. ટાઢું પાણી રેડવાથી તે ફરી ખદખદવા માંડશે. એમ થવાનું કારણ એ કે ટાઢું પાણી રેડવાની અગાઉ ફ્લાસ્કમાંના પાણી ઉપર વરાળનો ભાર હતો અને તે ભાર તેને ખદખદવા દેતો ન હતો, અને ફ્લાસ્કના ઉપર પાણી રેડવાથી તે વરાળ સંકોચાઈ અને તેથી તેનો ભાર જતો રહ્યો: વધારે દબાણ નીચે કરતાં ઓછા દબાણનીચે પાણી વધારે સહેલથી ઉકળેછે તેને લીધે તમે જોયું તેમ ફ્લાસ્કમાં પાણી તુર્ત ઉકળવા લાગ્યું.

આપણા વિષયના આ ભાગ સંબંધી જણાવવું સમાપ્ત કર્યાની પૂર્વે મારે તમને કહેવું જોઈએ કે પીગળી જવાની ક્રિયા ચાલતી હોય છે તે વારે કેટલાક પદાર્થ વિસ્તાર પામેછે અને કેટલાક સંકોચ પામેછે; અર્થાત્ ઘનાવસ્થા તજી પ્રવાહી રૂપ ધારણ કરવામાં એમ બનેછે.

**प्रयोग ४३ मो.**—ઉદાહરણને માટે બરફ લેઈએ. પાણી ઉપર મૂકતાં જુઓ બરફ તરેછે, અને તેપરથી સિદ્ધ થાયછે કે તે પાણીથી હલકું છે. માટે બરફનું પાણી થવામાં એ વસ્તુ મસ સંકોચાય છે, અને પાણીનું બરફ થવામાં (એટલે ઠરી જવાની ક્રિયા થતી હોયછે ત્યારે) એ વસ્તુ બહુ ફૂલેછે. એ ફૂલવું ઘણા બળથી થાયછે. જાડા લોઢાના વાસણને પાણીથી ભરી સજડ ડાટો દેઈ દેવામાં આવે અને પછી તે પાણી થીજી બરફ થાય તેમ કરવામાં આવે તો બરફ તે વાસણને ફાડી નાંખે. ગજવેલ પીગળેછે તેવારે બરફની પેઠે સંકોચાયછે, અથવા ઠરી જાયછે,

કે ઘનરૂપ ધારણ કરેછે ત્યારે પાણીની માફક ફૂલેછે (એ બેમાં કાંઇ ભેદ નથી). સંભવ છે કે ભરત લોઢાનો પણ એજ નિયમ છે. ઉદાહરણ, તપીને પોચું થયેલું ગજવેલ ગજવેલના રસમાં તરેછે, અને માનવામાં આવ્યું છે કે તપીને લાલ થયેલો ભરત લોઢાનો કકડો ભરત લોઢાના રસમાં તરશે. સોનાનો, રૂપાનો અને ત્રાંબાનો આ સંબંધી નિયમ ઉલટો છે, તેઓ પીગળેછે ત્યારે ફૂલેછે અને ઘન થાયછે ત્યારે સંકોચાયછે; એમ હોવાથી તેઓના રસ બીબાના પોલમાં દોડી જતા નથી અને તેઓના સિક્કા બનાવવાને અડી ઠોકવી પડેછે.

પરંતુ બધી વસ્તુઓ વાયુરૂપ થવામાં બહુજ ફૂલેછે. એક ઘનઇંચ ઉકળતા પાણીની વરાળ લગભગ ૧૭૦૦ ઘનઇંચ જગ્યા રોકેછે.

૬૨. **गरमीनां बीजां कार्यो.**–હવે તમે જાણ્યું કે ઉષ્ણતા પદાર્થોને ફુલાવેછે કે વિસ્તાર પમાડેછે એટલે મોટાં કરેછે, અને તેમની અવસ્થા પણ બદલાવેછે એટલે જુદા રૂપમાં આણેછે; ગરમી લગાડવી જારી રાખ્યાથી ઘનાવસ્થામાંથી પ્રવાહી બનેછે, અને પ્રવાહી રૂપ તજી વાયુ રૂપ ધારણ કરેછે. ગરમી કેવી બળવાન શક્તિ છે એ તમે જાણ્યું; લોઢાના કઠણમાં કઠણ દાંડાને તે ઢીલા ગોળ કે ઘેંસ જેવા નરમ કરી પોચો ઊનો રસ બનાવેછે, અને વધારે ઉષ્ણતા લગાડીએ તો તે વાયુ બની ઊડી જાયછે.

ઉષ્ણતા બીજા ઘણા પ્રકારની અસરો પદાર્થો ઉપર કરેછે, અને વિશેષ કરીને રસાયની આકર્ષણની ક્રિયાને સહાય કરેછે. ઉદાહરણ, નીચા ઉષ્ણમાને કોયલાનો સંયોગ વાયુમાંના ઓક્સિજન સાથે થતો નથી. તેથી આપણે જોઇએ એટલા વખત લગી તેઓને ભોંયરામાં કે કોઠીમાં ભરી મુકી શકીએ છીએ. પરંતુ તેઓને ઉષ્ણતા લગાડવાથી (સળગાવવાથી) તે સંયોગ થાયછે; સંયોગ થયા પછી તે પોતે ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન કરેછે તેથી સંયોગક્રિયા ચાલુ રહેછે અને તેને આપણે કોયલા બળેછે એમ કહીએ છીએ.

એજ પ્રમાણે **રસાયનશાસ્ત્રની પ્રથમ પોથીમાં** ૬૩ી કલમમાં કહેલા પ્રયેાગમાં ગંધકનેા અને ત્રાંબાનેા સંયેાગ થાયછે, તેમાં તે સંયેાગ થવા માટે પ્રથમ તાપ લગાડવેા પડેછે, તથાપિ સંયેાગ થવા માંડ્યા કે ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન થાયછે, અને દીવાની ગરમીની પછી ગરજ રહેતી નથી, સંયેાગની ક્રિયા એની મેળે ચાલ્યાં કરેછે.

**६३. थीजावी देनार मिश्रणो.**—વળી તમને કહેવામાં આવ્યુંછે (**રસાયનશાસ્ત્રની પ્રથમ પોથીની** કલમ ૭ મી) કે રસાયની સંયેાગ ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન કરેછે, અને તે સંતત ખરૂં છે; તેમ છતાં પણ કેાઇવાર બે વસ્તુએા મળવાથી એાગળી જઇ દ્રવણ થાય તેવી હેાય તેા તેએા ભળી જવાથી ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન ન થતાં શીતળતા ઉત્પન્ન થાયછે. ઉદાહરણ, મીઠું અને બરફ મળવાથી દ્રવણ બનેછે, અને તેમ બનવામાં મસ ઠંડી ઉત્પન્ન થાયછે, અથવા વધારે ખરૂં કહીએ તેા, ઘણીક ગરમીનું શેાષણ થાયછે.

**प्रयोग ४४ मो.**—આ સિદ્ધ કરવાને આપણે એાગળતા બરફને મીઠા જોડે ઝડપથી ભેળીએ અને તે મિશ્રણમાં થર્મોમીટરને મૂકીએ. પારેા થેાડી વારમાં ०° ની નીચે ઉતરી જઇ દર્શાવશે કે મિશ્રણ એાગળતા બરફથી વધારે ટાઢું છે.

એમ થવાનું કારણ શું ? એનેા જવાબ એ છે કે એ બે વસ્તુએા ભેળસેળ થયા પછી પ્રવાહી મિશ્રણ બનેછે, ઘન બનતું નથી. વસ્તુતઃ તે બહુ ખારૂં પાણી બન્યું છે. તમને કહેવામાં આવ્યું હતું કે પદાર્થો ઘનાવસ્થામાંથી પ્રવાહી અવસ્થામાં જતાં ઘણી ઉષ્ણતાને ખાઇ જાયછે, એટલે ઉષ્ણતા ગુપ્ત થઇ જાયછે. ઉદાહરણ, બરફનું પાણી બનેછે ત્યારે એમ થાયછે. બરફ અને મીઠાનું ખારૂં પાણી બનતાં એટલે ખારેા પ્રવાહી થતાં તે કેટલીક બરફની અને કેટલીક મીઠાની ઉષ્ણતાને ખાઇ જાયછે (ગુપ્ત કરી દેછે) અને તેનું પરિણામ ઘણેા ટાઢેા પ્રવાહી બનેછે તે બે ઘન પદાર્થોના એકઠા થવાથી બન્યેા. જ્યારે બે ઘન પદાર્થો

એકએકને ઓગળાવી નાંખેછે. ત્યારે તેઓનું પ્રવાહી બનતાં ઘણી વાર ઉષ્ણમાન ઉતરી જાયછે. તેનું કારણ એ કે તે પ્રવાહી ઉષ્ણતાને ખાઈ જાયછે. આવા પદાર્થોને **થીજાવી દેનાર** મિશ્રણ બનાવનારા કહેવામાં આવેછે.

તેમજ ઘણી ઉતાવળે જે પ્રવાહી સૂકાઈ જાય (વરાળ થઈ ઉડી જાય) તે અતિ ઘણો ટાઢો લાગેછે, કેમકે વરાળ કે વાયુ થવામાં તેને ઉષ્ણતા ઘણી જોઈએ છે, અને તે જ્યાંથી મળી શકે ત્યાંથી તે લે છે; ઉદાહરણ, જો તમે તમારા હાથપર **ઈથર** રેડશો તો તે તમને ઘણો ટાઢો લાગશે અને ઝટ સૂકાઈ જશે; વસ્તુતઃ સૂકાઇ જવામાં એટલે વરાળ કે વાયુ થવાને માટે તેણે તમારા હાથની ઘણીક ગરમી ચોરી લીધી. કેટલાક પ્રવાહીઓની ઘણી ઝડપથી વરાળ કરી નાંખવાથી ઘણું નીચું ઉષ્ણતામાન કે અતિ ઘણી ઠંડી કોઇવાર ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

**प्रयोग ४५ मों.**—આ સાબીત કરવાને કોઇ છાછરૂ વાસણમાં પાણી રેડીએ, અને તેને ઘણા સખ્ત તેજાબવાળા બીજા વાસણની જોડે એરપંપની અંદર મુકીએ અને એરપંપમાંના વાને બહાર કાઢી લઇએ. હવા જેમ નીકળતી જશે તેમ પાણી ઉપર તેનું દબાણ ઓછું થતું જશે, અને તે દબાણ જતું રહેવાથી પાણીની બહુ ઉતાવળે વરાળ થશે, અને વરાળ થવામાં તે પોતાનામાં એટલી બધી ઉષ્ણતા લેઇ લેશે કે બાકીના પાણીનું બરફ થઈ જશે.

**६४. उष्णतानुं प्रसरवुं.**—આપણા વિષયના બીજા ભાગ ઉપર હવે જઈ ઉષ્ણતાના ફેલાઈ જવાના વલણ કે પ્રસરણ સ્વભાવ વિષે વિચાર કરીએ. તપેલો પદાર્થ સદા તપેલો ન રહેતાં તેની આસપાસના તેનાથી ટાઢા પદાર્થોને પોતામાંની ગરમી આપેછે; તે એમનો એમ હમેશ કરવાનોજ, તથાપિ સ્થિતિભેદ પ્રમાણે ભિન્ન ભિન્ન રીતે તેમ કરશે.

**प्रयोग ४६ मों.**—ઉદાહરણ, લોઢાના સળીઆને દેવતામાં મુકીએ. સળીઆનો જે ભાગ અગ્નિમાં છે તેમાં તેની કેટલીક

ઉષ્ણતા પેસેછે, અને ત્યાંથી બીજા દૂરના છેડાલગી જઈ પહોંચેછે, અને અંતે તે છેડોપણ અડકી ન શકાય એટલો ગરમ થશે. સળીઆમાં આ પ્રમાણે ગરમીના જવાને **ઉષ્ણતા-વહન** કહેવામાં આવેછે.

**प्रयोग ४७ मो.**—ફ્લાસ્કને ( કાચની સીસીને ) બે તૃતીયાંશ પાણીથી ભરીએ અને તેને દીવા ઉપર ધરીને ઊનું કરીએ, અર્થાત્ નીચેથી તપાવીએ. પાણીના નીચલા કણો ગરમ થાયછે તેમ ફૂલેછે અને તેણે કરીને વધારે હલકા થાયછે. હલકા થવાથી તેઓ ઉપર ચડેછે. જેમ બૂચ પાણીમાં ઊંચે ચડેછે તેજ કારણથી તેઓ ઊંચે ચડેછે. જેઓ ઊંચે જાયછે તેઓની જગ્યાએ ઉપરના વધારે ટાઢા અને તે માટે વધારે ભારે કણો નીચે ઉતરેછે. દીવાની ઉષ્ણતા નવનવા જળ-કણોને લાગેછે અને કેટલેક વખતે બધું પાણી ગરમ થઇ ઉકળવા માંડશે. આ પ્રકારની ક્રિયાનું નામ **ઉષ્ણતા-સંચારણ** છે.

પરંતુ સૂર્યમાંથી પૃથ્વી ઉપર ઉષ્ણતા આવેછે તે ઉપલી બેમાંની એકે રીતે આવતી નથી. એ બંને પ્રકારમાં ઘન કે પ્રવાહી પદાર્થના રજકણો ઉષ્ણતાને લેઈ જાયછે, પરંતુ સૂર્ય અને પૃથ્વીની વચ્ચે એવા રજકણો નથી એવું ધારવાને કારણો છે, અને આપણે જાણીએ છીએ કે સૂર્યનો પ્રકાશ અને તેની ઉષ્ણતા નવ કરોડ માઇલને અંતરેથી આઠથી એાછી મિનિટમાં પૃથ્વી ઉપર આવેછે. તો એ સ્પષ્ટ છે કે સૂર્યથી જે ઉષ્ણતા પૃથ્વી ઉપર આવેછે તે અતિ ઘણા વેગથી આવેછે, અને તેની અને આપણી વચ્ચેના રજકણોને તપાવવાથી આવતી નથી. વસ્તુતઃ જે દિવસે ટાઢ ઘણી પડેલી હોય અને હવા ઘણી શીતળ હોય અને તપેલી હોય નહિ તે દિવસે પણ સૂર્યનાં કિરણોનું બળ બહુ હોય. સૂર્યમાંથી અથવા હરકોઈ બીજા ઉષ્ણ પદાર્થમાંથી ગરમીને આવવાની ક્રિયાને **કિરણ-પાતન** કહેછે.

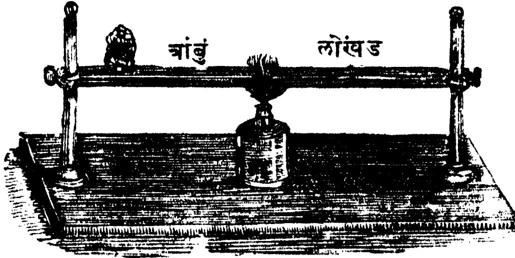
તપેલો પદાર્થ ટાઢા પદાર્થને એ ત્રણ ભિન્ન રીતિયોએ ઉષ્ણતા આપેછે; તે રીતિઓનાં નામો ઉષ્ણતાવહન, ઉષ્ણતાસંચારણ અને કિરણપાતન છે. હવે એ ત્રણે વિષે એ ક્રમ પ્રમાણે વિચાર કરીએ.

૬૫. उष्णतावहन.—આપણે લોઢાના સળીઆને દેવતામાં ઓસવા વિષે કહ્યું અને તેની જોડે કહેવામાં આવ્યું કે અંતે તે સળીઆનો બીજો છેડો એટલો ગરમ થશે કે ઝાલી શકાશે નહિ. પરંતુ લોઢાના સળીઆને બદલે કાચનો સળીઓ કે માટીનો સળીઓ દેવતામાં મૂકીએ તો તેનો બીજો છેડો ઘણો ઊનો કદી થશે નહિ, કેમકે ધાતુમાં જેવું સારૂં ઉષ્ણતાવહન થાયછે તેવું કાચમાં કે માટીમાં થતું નથી.

ઊન અને પીંછાં તેમનાથીએ વધારે નઠારા ઉષ્ણતાવાહક છે. એજ કારણથી તેઓને જનાવરોનાં વસ્ત્રો કુદ્રતે બનાવ્યાં છે; આસપાસની વસ્તુઓથી જનાવરોના અંગમાં ગરમી બહુધા વધારે હોયછે, અને જનાવરોએ ઊન કે પીંછાં, કે રૂવાંટીવાળાં વસ્ત્રો ઓઢેલાં હોયછે તેઓમાંથી તે ગરમી ઝટ જઈ શકતી નથી. તેમજ વરાળ યંત્રના બોઇલિરોમાંની ઉષ્ણતાને તેઓની અંદર રાખવી હોયછે ત્યારે તેઓને મંદવાહક કે અવાહક પદાર્થોનાં ઢાંકણ ઓરાઢેછે.

ઉષ્ણતાને અંદર રોકી રાખવાને મંદવાહક વસ્તુઓ વાપરવામાં આવેછે એટલુંજ નહિ, પણ તેને બહારથી અંદર નહિ પેસવા દેવાને પણ વાપરવામાં આવેછે; ઉદાહરણ, આપણા શરીરમાંની ઉષ્ણતા શરીરમાં રહે એટલા માટે ફ્લાનલ ઓઢીએછીએ એટલુંજ નહિ, પણ બરફને વધારે વાર રાખવાને એટલે બહારની ઉષ્ણતા લાગી થોડીવારમાં તેને ઓગળાવી નાંખતી અટકાવવાને તે ઉપર ફ્લાનલને લપેટીએ છીએ. વસ્તુતઃ ઉષ્ણતા ફ્લાનલમાં થઈ ઝટ જઈ શકતી નથી, તેમાં થઈ અંદરથી ઝટ બહાર આવી શકતી નથી અને બહારથી તુરત અંદર જઈ શકતી નથી.

**પ્રયોગ ૪૮ મો.**—જુદી જુદી વસ્તુઓમાં ઉષ્ણતાને લેઈ જવાની શક્તિ જુદી જુદી છે, એ તમને સહેલથી દેખાડી શકાય. નીચેની આકૃતિમાં બે સળીઆ છે, એક ત્રાંબાનો અને એક લોઢાનો. તેઓના છેડા જોડે રાખી ત્યાંથી નીચેના દીવા વડે તેઓને તપાવવામાં આવેછે. કેટલીક વારલગી દીવાનો તાપ



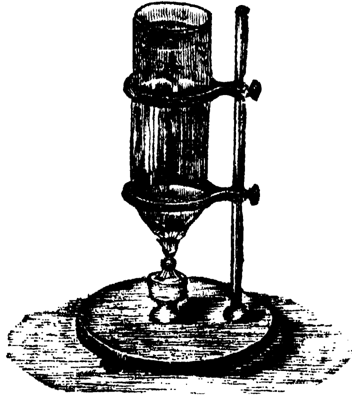

આકૃતિ ૨૭ મી.

લગાડયા પછી ફૉસ્ફરસના બે નાના કકડા લેઈએ, અને તેમાંના એકને ત્રાંબાના સળીઆના દીવાથી વધારે દૂરના ભાગ ઉપર મૂકીએ. તે ઝટ સળગશે. હવે ફૉસ્ફરસના બીજા કકડાને દીવાથી તેટલેજ છેટે લોઢાના સળીઆ ઉપર મેલો; તે નહિ સળગે. એ બતાવેછે, કે દીવાની ઉષ્ણતા લોઢા કરતાં ત્રાંબું વધારે જોરથી લઈ જાયછે.

રક્ષણદીપ (સેફટી લાંપ) ખાણો ખોદનારાઓના ઉપયોગને સારૂ સર હંફ્રી દેવીએ બનાવ્યો હતો તેની કૃતિનો ખુલાસો ઉષ્ણતાવહનથી થાયછે. એ બહુ ઉપયોગી ફાનસનું પૂર્ણવર્ણન **રસાયન વિદ્યાની પ્રથમ પોથીની ૪૧ મી** કલમમાં કરેલું છે.

૬૬. **ઉષ્ણતાસંચારણ.**—પાણીથી ભરેલું એક વાસણ લેઈએ અને તે ઉપર ઉકળતા તેલનું વાસણ તરતું મૂકીએ. તો માલૂમ પડશે કે તેલની ઉષ્ણતા નીચેના પાણીમાં ઘણી ધીમી ધીમી ઉતરશે; વસ્તુતઃ થોડા ઇંચની નીચે ઉષ્ણતામાનનું ચડવું ભાગ્યે માલૂમ પડશે. તથાપિ પાણીવાળા વાસણને ઉપરથી ગરમી લગાડયાને ઠેકાણે ઉપલા ચિત્રમાં દર્શાવ્યુંછે તેમ

તળેથી લગાડવામાં આવે તો માલૂમ પડશે કે બધું પાણી થોડા વખતમાં ઊનું થઈ ઉકળવા માંડશે. વસ્તુતઃ પાછળ કહી ગયા



આકૃતિ ૨૮ મી.

છીએ તેમ તપેલા કણો હલકા થવાથી ઉપર ચડેછે, અને તેમને સ્થળે ઉપરના વધારે શીતળ અને ભારે કણો નીચે ઉતરી આવેછે. ચિત્રમાં તીરોના આકારો વડે દેખાડયુંછે તેમ પાણીમાં પ્રવાહ ચાલેછે, ઊનું પાણી મધ્ય ભાગે થઈ ઉપર ચડેછે, અને ટાઢું પાણી બાજુએાએ થઈ હેઠે ઉતરેછે.

સૃષ્ટિમાં ઉષ્ણતા સંચારણનાં કેટલાંક સારાં ઉદાહરણો જોવામાં આવેછે; એક ઉદાહરણ ઠંડા દેશોમાં તળાવથી મળેછે. ઉપરની હવા બહુજ શીતળ થાયછે ત્યારે તળાવના પૃષ્ઠનું પાણી ટાઢું થાયછે. પૃષ્ઠના કણો શીતળ થવાથી ભારે થઈ તળીએ ઉતરેછે, અને તળેના વધારે હલકા અને ઉષ્ણ કણો ઉપર તેઓને ઠામે આવેછે. એમ થયાં કરવાથી થોડા કાળમાં સરોવરના સઘળા પાણીનું ઉષ્ણતામાન જળઠાર બિંદુની ઉપર ૪° થઈ રહેછે; ત્યાર પછી, બીજી ચીજોથી ઉલટી રીતે વર્તી પાણી વધારે ઠંડું થતાં સંકોચાયાને બદલે ફૂલેછે; અને તેનું બરફ બનેછે ત્યારે તે બરફ પાણીથી હલકું હોવાથી મથાળે તરેછે.

જો બરફ પાણીથી ભારે હોત તો જેમ તે બનતું જાય તેમ તળી-એ બેસતું જાય, અને તેથી નવું પૃષ્ઠ બનતું જાય; તે ફરી નીચે બેસે અને નીચેનું પાણી મથાળે આવે. એમ થતાં થોડી વારમાં સરોવરના બધા પાણીનું બરફ બને. પણ તેમ ન થતાં પૃષ્ઠપરના પાણીનું બરફ થયા પછી તે ઉપર તરેછે, અને તેની માર્ફતે માત્ર તેની તળેના બીજા જળ થરને થીજાવેછે અને તેપણ બહુ ધીમે ધીમે, માટે કોઈ સરોવર સદા થીજેલું હોવાની ધાસ્તી નથી.

વળી હવા તપવાથી જબરા ઉષ્ણતા સંચારણ પ્રવાહ વાતાવર-ણમાં હોયછે; અને તેજ કારણથી અગ્નિથી તપેલો વા ધુમાડી-આમાં (ચિમનીમાં) ઊંચે જાયછે, અને તેને ઠામે ઓરડામાં ટાઢો પવન આવેછે, અને મોસમના નિયમિત પવનો વિસ્તી-ર્ણ પ્રદેશોપર વાયછે તે પણ એજ કારણથી. પૃથ્વીનો જે ભાગ વિષુવવૃત્ત કહેવાયછે ત્યાં સૂરજનો તાપ બીજા ભાગોથી વધારે જોરમાં પડેછે. દેવતાથી તપેલો વા જેમ ધુમાડીઆમાં ઊંચે ચડે છે તેમ ત્યાંનો વા સૂરજના જબરા તાપથી તપી ઊંચે ચડેછે. એમ ઉપર ગયેલા વાને ઠામે ધ્રુવપરથી કે પૃથ્વી ઉપરના વધારે શીતળ પ્રદેશો પરથી વાતા પવનો આવેછે. એમ વિષુવવૃત્ત ઉપર વાના પ્રવાહના ક્રમો ચાલેછે. તેઓ ત્યાંના ગરમ થયેલા વાને ધ્રુવ ભણી ઊંચે આકાશમાં લેઈ જાય છે, અને પૃષ્ઠ ઉપર વહેતા વાના પ્રવાહ તે વાને ઠંડા થયા પછી ત્યાં પાછા આણેછે. એ પૃષ્ઠના પ્રવાહ ધ્રુવપરથી વિષુવવૃત્તપર આવેછે તેઓ **વેપારની મોસમનો પવન** કહેવાય છે.

૬૭. **क्रिरणपातन, उष्णता अने प्रकाश.**—ઉષ્ણ પદાર્થની પોતા-માંની ગરમી આપવાની ત્રીજી રીત કિરણપાતન છે, અને સૂર-જનો તાપ પૃથ્વી ઉપર એ ત્રીજી રીતે આવેછે. એ રીતના ઉદા-હરણને મોટે ફરી જવાની ગરજ નથી, આપણા ઘરમાંના ચૂલાથી કે સગડીથી મળી શકે છે. ધકધક બળતા દેવતાની સામા ઊભા રહીએ છીએ તો આપણા મોઢાને અને આંખોને તેના તાપથી પીડા થાયછે. ઉકળતું પાણી ભરેલી ચાદાનીમાંથી પણ કિરણપા-

તન ઉષ્ણતા નીકળેછે, તથાપિ અગ્નિમાંથી કે સૂર્યમાંથી નીકળતાં કિરણોની પેઠે તે કિરણો આંખમાં પેશી પ્રકાશનું જ્ઞાન કરતાં નથી. કોઈ વસ્તુને ગરમ કરીએ, ઉદાહરણ, માટીના ગોળાને તપાવીએ, તો નીચે કહ્યુંછે તેમ કાંઈક બનેછે. તે વસ્તુનું ઉષ્ણમાન તુરત વધવા માંડેછે, અને તેથી ઉષ્ણતાનાં કિરણો તેમાંથી નીકળેછે, પરંતુ તેઓમાં અજવાળું ન હોવાથી તેઓ દૃષ્ટિપર કાર્ય કરતાં નથી. તપવાની ક્રિયામાં વધારો થતો જાયછે તેમ તેમાંથી નીકળતાં કિરણોમાંનાં થોડાંક આંખપર અસર કરેછે, તથા તે વસ્તુ લાલ થાયછે; ત્યાર પછી તેમાં પીળી ઉષ્ણતા આવેછે, ત્યાર કેડે ઉષ્ણતા ધોળી થાયછે, અને છેલ્લે સૂરજના તેજ જેવા અતિ ઘણા પ્રકાશથી તે ઝળકેછે. ઉષ્ણ પદાર્થમાંથી આ પ્રકાશિત કિરણો નીકળેછે તેઓ ઉપર લક્ષ દેવામાં થોડો કાળ કાઢીએ.

૬૮. **પ્રકાશનો વેગ.**—અવકાશમાં (ખાલી પોલમાં) થઈ આવતા અજવાળાનો વેગ પ્રથમ **રોમર** નામે **દેન્માર્કના** ખગોળવેત્તાએ શોધી કાઢ્યો. અજવાળાનો વેગ એટલે શું તે સમજવાને દૂર રહેલી તોપ છૂટેછે ત્યારે શું બનેછે તે યાદ કરીએ. આપણે અગ્નિનો ભડકો કે ઝબકારો જોઈએ છીએ અને ત્યારપછી થોડે પળે ભડાકો કે અવાજ સાંભળીએ છીએ. ઝબકારાથી અવાજ પાછળ પડ્યો તે ઉપરથી સ્પષ્ટ છે કે જે ક્ષણે તોપ છૂટી તેજ ક્ષણે તેનો અવાજ આપણે કાને પહોંચ્યો નહિ. પણ શું ઝબકારો (એટલે અજવાળું કે પ્રકાશ) તોપમાંથી જે ક્ષણે નીકળ્યો તેજ ક્ષણે આપણાં ચક્ષુએ પહોંચ્યો હશે? પ્રકાશ અને અવાજ બંને તોપથી એકે ક્ષણે નીકળ્યા નહિ હોય? અને પ્રત્યેકને આપણી કને આવતાં કાંઈક વખત લાગ્યો નહિ હોય? પ્રકાશ વધારે ઉતાવળે દોડવાથી પ્રથમ આવી પહોંચ્યો એમ ન હોય? એનો નિર્ણય અવલોકન અને પ્રયોગથી માત્ર થઈશકે, અને અવલોકનથી **રોમરે** એ શોધ કરીછે. બૃહસ્પતિ નામે મોટો ગ્રહ છે તે કોઈવાર આપણાથી ઘણે અંતરે હોયછે અને કોઈવાર મુકાબલે પાસે

હોયછે, અને એ મોટા ગ્રહની પ્રદક્ષિણા કરનારા ચાર ઉપગ્રહો છે. એ ઉપગ્રહોમાંનો એક બૃહસ્પતિના બિંબને નિયમિત વખતે સદા ઓળંગેછે તેથી મોટી શક્તિવાળા દૂરબીનમાંથી તે સમયે જોઈએ તો બૃહસ્પતિના મોટા બિંબ ઉપર થઇ કોઈ કાળો પદાર્થ જતો (તે બિંબને એકપાસેથી બીજે પાસે જતો) હોય તેવો તે દેખાયછે. હવે રોમરને માલૂમ પડ્યું કે જ્યારે બૃહસ્પતિ આપણાથી ઘણે વેગળે હોયછે ત્યારે તે ઉપગ્રહને ઓળંગવાને જેટલો વખત લાગવો જોઇએ તેથી વધારે લાગેછે, તે ઉપરથી તેણે સિદ્ધ કર્યું કે જે ક્ષણે બૃહસ્પતિના બિંબને તે ઉપગ્રહ ઓળંગેછે તેજ ક્ષણે પૃથ્વી ઉપર આપણે તેને જોતા નથી, પરંતુ બૃહસ્પતિ ઉપરથી નીકળી આપણી આંખોપર આવતાં પ્રકાશને કેટલોક વખત લાગેછે; જેમ તોપ કે બંદૂકનો બહાર થયા પછી તેના ધડાકા (અવાજ) ને આપણા કાન સુધી આવી પહોંચતાં કેટલોક કાળ લાગેછે તેમ અજવાળાને પણ બૃહસ્પતિથી પૃથ્વી ઉપર આવી પહોંચતાં કેટલોક કાળ લાગેછે.

એમ તમે જુવોછો કે જેમ નાદને એક ઠેકાણેથી બીજે ઠેકાણે જઇ પહોંચતાં કેટલોક કાળ લાગેછે તેમ પ્રકાશને પણ લાગેછે, ફેર એટલોજ છે કે નાદ (અવાજ) કરતાં પ્રકાશ વધારે ઝડપથી ચાલેછે—દર સેકંડે ૧,૮૬,૦૦૦ માઇલના અતિ ઉતાવળા વેગે, પ્રકાશ ગતિ કરેછે, પણ નાદ તો તેટલાજ સમયમાં (દરેક સેકંડમાં) માત્ર ૧૧૦૦ ફુટ ચાલેછે. સૂરજ અને પૃથ્વીની વચ્ચે નવ કરોડ માઇલનું છેટું છે તેમ છતાં સૂરજના અજવાળાને પૃથ્વી ઉપર આવી પહોંચતાં માત્ર આઠ મિનિટ થાયછે. માટે જો સૂરજ એકાએક હોલવાઇ જાય તો ત્યાર પછી આઠ મિનિટ પર્યંત તે બિના આપણા જાણવામાં આવે નહિ.

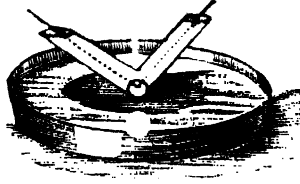
પરંતુ એમ ધારશો નહિ કે અજવાળું એ ઉષ્ણ પદાર્થોએ ફેંકેલા ઝીણા રજકણો છે, અને તે રજકણો અવકાશમાં દર સે-

કે ૧,૮૬,૦૦૦ માઇલ પ્રમાણે ઊડી આવેછે. જો એમ હોય તો પ્રકાશનું એકજ કિરણ આપણો ચૂરો કરી નાંખે. જેમ કાનમાં નાદ પેસેછે એમ કહીએ છીએ તેમ આંખમાં અજવાળાનું કિરણ પેસેછે એમ કહી શકાય. પાછળ તમને સમજાવવામાં આવ્યુંછે કે જ્યારે આપણે તાપનો ભડાકો સાંભળીએ છીએ ત્યારે એમ સમજવું નહિ કે તોપના મુખથી ચાલતા આવેલા હવાના ઝીણા રજકણો આપણા કાનમાં પેસેછે. અને તેમજ જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ આપણે દેખીએ ત્યારે એવું ન ધારવું કે પ્રકાશિત પદાર્થે તે કિરણને આપણી આંખમાં ફેંક્યું. એ બંને બાબતોમાં આપણી અને તે પદાર્થની વચ્ચે કાંઇછે તેનું ડેલાવવું કે મોજું ચાલવા માંડેછે અને ૪૪ મી કલમમાં હાથીદાંતની ગોળીઓના પ્રયોગમાં સમજાવ્યુંછે તેમ એક રજકણ બીજા રજકણને, બીજો ત્રીજાને, એમ એક પછી એક પોતપોતાની પાસેનાને ડેલેછે.

**૬૧. प्रकाशनुं परावर्त्तन.**—જ્યારે ધાતુના ઓપેલા પૃષ્ઠપર પ્રકાશ પડેછે ત્યારે તે પરથી પાછું ફેંકાયછે. એ પાછા ફેંકાવાને પરાવર્ત્તન કહેવામાં આવેછે. દર્પણની સામે દીવે સળગાવેલી મીણબત્તી ધરશો તો દર્પણમાં તમે તે મીણબત્તીનો પડછાયો (છબી) જોશો. એનો અર્થ એ કે બત્તીના દીવાનાં કિરણો દર્પણ ઉપર પડેછે અને તે પરથી પાછાં ફરી તમારી આંખમાં આવેછે, અને જાણે બત્તીમાંથી નહિ પણ દર્પણમાંથી આવતાં હોય તેમ દેખાયછે.

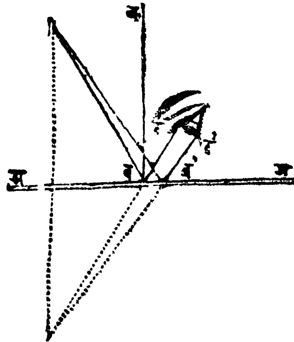
**प्रयोग ४९ मो.**—પરાવર્ત્તનની ક્રિયા કેવે પ્રકારે થાયછે તે સમજવાને માટે કોઇ ધાતુનું ઓપવાળું ચપટું પૃષ્ઠ લેઇએ-ચપટા તળીઆના છાછર વાસણમાં પારો રેડીશું તો એવું પૃષ્ઠ થશે. ચિત્રમાં બતાવી છે તેવી તળીએથી ખુલ્લી વાંકી નળી પારાની ઉપર મૂકો અને જમણી મેરને છેડેથી પ્રકાશ તેમાં પેસે તેમ કરો; ડાબી મેરના છેડાપર આંખ રાખીને જોશો તો પારાના પૃષ્ઠ ઉપરથી પરાવર્ત્તન થયેલો બત્તીનો દીવો દેખશો.

આ પ્રયોગમાં દીવાનો પ્રકાશ એક નળીની વાટે જઇ પારાપર પડેછે અને ત્યાંથી બીજી નળીની વાટે ઉપર ચઢી



આકૃતિ ૨૯ મી.

આંખપર આવેછે. પ્રકાશ એમ કરી શકે માટે બે વાનાંની જરૂર છે. પ્રથમ તો બંને નળીઓનું વળવું કે **ઢાળ** સમાન જોઇએ; અને બીજું એ જોઇએ કે એક નળી બીજીની બરોબર **સામી** જોઇએ, એવી કે જો તેઓ એકાએક ચપટી પડી જાય તો બેઉ એક લીટીમાં આવી જાય. માટે જ્યારે અજવાળાનું કિરણ કોઇ ઓપવાળા પૃષ્ઠ ઉપર પડેછે ત્યારે તે કિરણ જેટલે ઢાળે પડયું હોય તેટલે ઢાળે તે પૃષ્ઠ



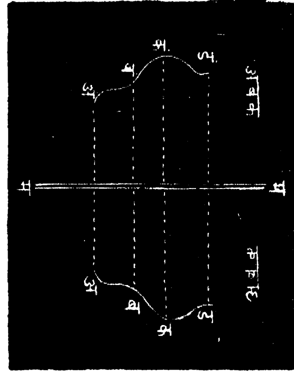
આકૃતિ ૩૦ મી.

ઉપરથી પરાવર્ત્તન થઇ ઊંચું પડેછે, અને બંને કિરણોને દાબી તે પૃષ્ઠ ઉપર ચપટાં કરેલાં ધારો તો તે બેહુ એક લીટીમાં થઈ ગયેલાં માલૂમ પડે.

ભૂમિતિ વિના પરાવર્ત્તનના નિયમો તમે પૂરા સમજી શકશો નહિ, પરંતુ આ નીચેની આકૃતિ વડે કદાચ કેટલેક દરજ્જે સમજી શકશો. આકૃતિમાં अ બિંદુને અજવાળું આપનાર પ્રકાશિત ધારેલુંછે, અને मम આરશી છે. अ થી નીકળનારાં अब, अबं બે કિરણો આરશી ઉપર ब અને बं સ્થળે પડેછે. પડયા પછી તેઓ જોનારની આંખમાં बड અને बडं દિશાએ થઈ જશે. अब કિરણનો પડવાનો ઢાળ बड કિરણના ચઢવાના ઢાળની સમાન છે. હવે જો તમે કલ્પના કરો કે बड અને बडं કિરણોની દિશાને દર્પણની નીચલી બાજૂએ વધારી છે તો તેઓ अं આગળ મળશે. દર્પણને ઉપલે પાસે જેટલે છેટે પ્રકાશિત બિંદુ अ છે તેટલે છેટે अं બિંદુ દર્પણને હેઠલે પાસે છે. માટે જોનારને કિરણો વસ્તુતઃ अं થી આવતાં જણાશે, તેથી કરીને તેજસ્વી બિંદુ अ આરશીની ઉપર જેટલે દૂર છે તેટલે દૂર આરશીની તળે પડછાયા अं નું સ્થળ છે.

માટે જ્યારે તમે કોઈ મોટા આરસાની આગળ ઊભા હોછો ત્યારે તમે તેનાથી જેટલે આઘે હો તેટલે આઘે તેની અંદર પાછલી બાજૂએ તમારો પડછાયો દેખોછો; જો તમે પાસે જાઓછો તો પડછાયો પાસે આવેછે, જો તમે પાછા હઠોછો તો તમારો પડછાયો પાછો હઠેછે, હા, તોપણ તમારા જોવામાં એક ભેદ આવશે–તે ભેદ એ છે કે તમારો જમણો હાથ પ્રતિબિંબનો ડાબો હાથ છે, અને તમારૂં જમણું પાસું ધાર્યું કરીને પ્રતિબિંબનું ડાબું પાસું છે. પણ એ સિવાય બીજી બધી વાતે જેવા તમે છો તેવુંજ તમારૂં પ્રતિબિંબ છે.

૩૧ મી આકૃતિમાં ઉપલા ભાગનો પડછાયો નીચલા ભાગમાં દેખાયછે, અને તે પડછાયામાં જમણી મેરના અક્ષરો ડાબી મેર છે.



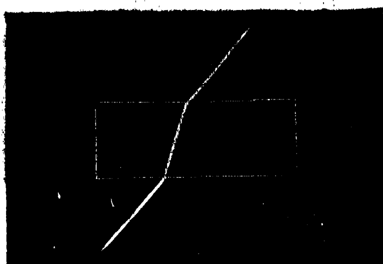
આકૃતિ ૩૧ મી.

જો તેજસ્વી પરાવર્ત્તક પૃષ્ઠ ચપટું હોતું નથી તો અજબ જેવાં પ્રતિબિંબ ઉત્પન્ન થાયછે. ઉદાહરણને માટે થર્માંમીટરને નીચલે ભાગે પારાની ગોળી છે તે લેઇએ. તેમાં તમે તમારૂં પ્રતિબિંબ મરડાઇને વિરૂપ બનેલું જોશો, અને આખા ઓરડાનું પણ દેખશો, માત્ર દૂરના ભાગો અતિ નાના થઇ ગયેલા દીસશે.

તેમજ ૨૨ મી આકૃતિમાં છે તેવી બે અંતર્ગોળ આરશીઓ લેઇએ, અને તેમાંના એકના ફોકસમાં ઘડીઆળ અને બીજાના ફોકસમાં તમારો કાન રાખ્યાને બદલે એક ફોકસમાં તપીને લાલ થયેલો ગોળો મૂકો અને બીજા ફોકસમાં તમારો હાથ ધરો. થોડા કાળમાં તમારા હાથથી ખમી શકાય નહિ એટલો તાપ લાગશે. ખરે, જો તમારી કને એ પ્રકારની બે મોટી તખ્તીઓ હોય અને તેમાંના એકના ફોકસમાં દેવતા સળગાવ્યો હોય તો બીજાના ફોકસમાં તમે રોટલા શેકી શકો; એ બેની વચ્ચે પચાસ ફુટનું અંતર હોય તોએ એમ થાય. એનું કારણ એ છે કે એક ફોકસમાં અગ્નિ બળેછે તેની ઉષ્ણતાનાં કિરણો તે ફોકસ જે

આરસાનું છે તેને લાગેછે અને તેપરથી પરાવર્ત્તન રેખાઓમાં જઈ સામેના આરસાપર પડેછે અને તેપરથી વળી એવી રેખાઓમાં પરાવર્ત્તન પામેછે કે તેઓ સઘળાં એ બીજા આરસાના ફોકસમાં મળેછે. એ પ્રમાણે એક ફોકસમાં દેવતા બળેછે, અને જાણે બીજા ફોકસમાં તેનું પ્રતિબિંબ હોય તેમ થાયછે, તે પ્રતિબિંબમાં ઉષ્ણતા એટલી છે કે રોટલા શેકાય.

**७०. प्रकाशनुं वांकां वळवुं के वक्रीभवन. प्रयोग ५० मो.**—પત્થરના કે જસતના પવાલાને તળીએ કોઈ ભારે નાની વસ્તુ મુકો, અને તમારી આંખને એવી સ્થિતિમાં રાખો કે તે પવાલાની કોર તે વસ્તુને તમારી નજરે પડવા દેતી નથી; પછી તે પવાલામાં



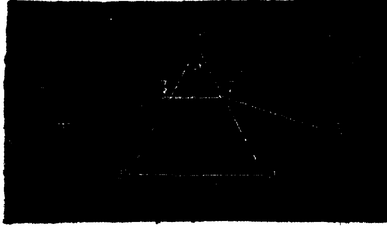
આકૃતિ ૩૨ મી.

કોઈ પાસે પાણી રેડાવી તેને છલાછલ ભરાવો. એથી પવાલાને તળીએ મેલેલો નાનો પદાર્થ તમારાથી દેખાશે. એનું કારણ શું? એનું કારણ એ કે તે નાની વસ્તુ પરથી આવતું કિરણ પાણીના પૃષ્ઠને છોડતાં જુદી દિશામાં વાંકું વળેછે, તેથી તમે વસ્તુતઃ તેને ખુણા પર થઈને દેખોછો. પાત્રને તળીએ મુકેલી વસ્તુ માછલી હોય તો તે પણ તમને દેખી શકે.

એપરથી જણાયછે કે પાણીના પૃષ્ઠ ઉપર ત્રાંસું કિરણ પડે તો તે પાણીમાં પેઠા પછી ઓછું ત્રાંસું થાયછે; અને વળી પાણીમાંથી પ્રકાશનું કિરણ બહાર આવેછે તે એવું વાંકું વળેછે કે વામાં પેઠા પછી વધારે ત્રાંસું થાય. પાણીના પૃષ્ઠમાં પ્રવેશ કરતાં જેમ

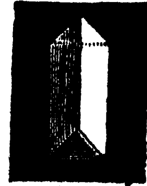
બનેછે. તેમજ પારદર્શક કાચના પૃષ્ઠમાં પેસતાં બનેછે—ત્રાંસું કિરણ કાચમાં પેઠા પછી ઓછું ત્રાંસું થાયછે. ચપટા જાડા કાચમાં પ્રવેશ કરી કિરણ બત્રીસમી આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પસાર થાયછે. કાચમાં પેઠા કેડે તેનો માર્ગ અને કાચમાંથી નીકળ્યા પછી તેનો માર્ગ એકજ **દિશામાં** છે (પણ તેજ લીટીમાં નથી), અને કાચની અંદર તેનો માર્ગ કેવળ ભિન્ન છે.

પણ ધારો કે, કાચ ચપટો નહોતાં ફાચર રૂપ છે: વસ્તુતઃ ૩૩મી આકૃતિમાં છે તેમ તે તળીઆ ઉપર સીધો રહેલોછે, અને તેને ઊભો કરી જોઈએ તો તે ૩૪ મી આકૃતિમાં ચિત્ર્યોછે તેવો



આકૃતિ ૩૩ મી.

દેખાયછે. એવા રૂપના આકારના કાચને ત્રણધારો (કે ત્રણ બાજૂઓવાળો) પાસો કહેછે. આ ત્રણધારા પાસામાં થઈજતાં તેજનું કિરણ શી રીતે વાંકું વળેછે તે આપણે જોઈએ. ૩૩ મી આકૃતિમાં એ દર્શાવ્યું છે, તે ઉપરથી તમે જોશો કે પાસાના જાડા ભાગ ભણી કિરણ વાંકું થયું છે; વસ્તુતઃ કિરણની દિશા કેવળ બદલાયલી છે.



આકૃતિ ૩૪ મી.

એપરથી આપણને માલુમ પડેછે કે ફાચર આકારના કાચમાં થઈ જતાં પ્રકાશનું કિરણ તે કાચના જાડા ભાગ ભણી વળેછે.

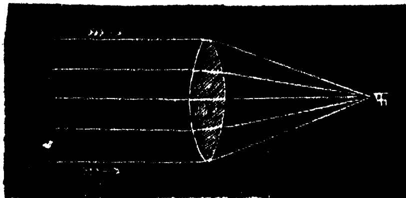
**૭૧. લેન્સો (દૃક્કાચ) અને તેઓ મધ્યેથી પડતાં પ્રતિબિંબો.**—કાચના રૂપમાં નીચેની રીતે ફેરફાર કરીએ. ભાખરીના જેવો ગોળા-

કાર કાચ એવો લઇએ કે તે વચમાંથી વધારેમાં વધારે જાડો અને ફરતી કોર પર વધારેમાં વધારે પાતળો હોય; વસ્તુતઃ એક ભણીથી જોતાં તે ગોળ દેખાયછે, પણ કોર ભણીથી જોતાં નીચેની આકૃતિ જેવો દેખાય છે.

એવા આકારના કાચને ઇંગ્રેજીમાં **લેન્સ** કહેછે (સંસ્કૃત દૃક્કાચ શબ્દ એને માટે એક કોશમાં લખ્યો છે). એવા લેન્સ ઉપર દૂરથી આવતા અજવાળાનાં કિરણોની ભારીને પડવા દઇએ તો શું થશે? ગોળ કાચરમાં જેમ બનેછે તેમ એ લેન્સમાં બનશે; ખરૂં જોતાં એ ગોળ કાચર છે, અને તેની જાડાઇ મધ્ય ભાગે વધારેમાં વધારે હોવાથી લેન્સ ઉપર પડેલાં કિરણો બધી મેરથી તેના મધ્ય ભાગ ભણી વળશે. વસ્તુતઃ કિરણો એક બિંદુમાં કે તેની પાસે નીચલી આકૃતિમાં છે તેમ એકઠાં મળશે.

આકૃતિ ૩૫ મી.

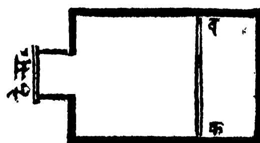
હવે ધારો કે તડકો પડેલોછે અને તેમાં તમે લેન્સને એવી રીતે મુકોછો કે સૂર્યનાં કિરણો તેના પૃષ્ઠ ઉપર પડેછે, તો એ કિરણો લેન્સની બીજી બાજુએ જઇ એક બિંદુમાં અથવા લગભગ એક બિંદુમાં મળશે; એ બિંદુ ઉપર તમે કાગળ મુકશો તો તેપર સૂરજનું નાનું સરખું તેજસ્વી પ્રતિબિંબ પડેલું જણાશે, અને તેમાં એટલી બધી ઉષ્ણતા હશે કે તે કાગળ સળગશે; વસ્તુતઃ આગીઆ કાચનું કામ તે કરશે.



આકૃતિ ૩૬ મી.

**प्रयोग ९१ मो.**—એવા લેન્સમાંથી સૂર્યનું પ્રતિબિંબ પડે અને બીજી કોઇ ચીજનું પણ પડે; ઉદાહરણ, અહિં મેં એવી ગોઠવણ કરીછે કે દીવી પરના દીવાનાં કિરણો લેન્સની ઉપર પૂર્ણ

પડેછે, અને તે લેન્સની પાછલે પાસે તેલપત્ર રાખેલોછે તે ઉપર તે દીવાનું પ્રતિબિંબ પડેછે. પણ તમે જુઓછો કે તે ઊંધું પડેલુંછે. વસ્તુતઃ લેન્સની આગળ કેટલેક છેટે કાંઈક તેજસ્વી વસ્તુ મુકશો તો તે લેન્સની પાછળ તે વસ્તુની નાની છબી પડશે. લેન્સની આગળ તમારૂં મુખ ધરશો તો લેન્સની પાછળ તમારા મુખની નાની તસબીર પડશે. ફોટોગ્રાફર કરેછે તે એજ છે. તેની કને એક છેડે લેન્સ અને અંદર અંધારૂં એવી પેટી હોયછે. નીચલી આકૃતિમાં ચિત્રી છે તેવી તે હોયછે. લેન્સને દૃગ્ભૂમિ ભણી કે કોઇ માણસના મુખ તરફ તે રાખેછે એટલે તે દૃગ્ભૂમિની કે તે આદમીના ચહેરાની છબી અંધારી પેટીમાં પડેછે. તે સારી પડેછે કે નહિ તે જોવાને પ્રથમ તે ઘૂંટેલા કાચ ઉપર પડવા દેછે. તે નક્કી કર્યા કેડે તે કાચને લેઈ લેછે અને તેને ઠામે બીજો કાચ મૂકેછે. પ્રકાશની કૃતિ જેના ઉપર થાયછે એવો કોઈ રસાયની પદાર્થ એ બીજા કાચ ઉપર લગાડેલો હોયછે. પેટીમાંની છબી તે કાચ પર પડેછે. છબીના જે ભાગોપર અજવાળું પડ્યું હોય તેઓ તે કાચના પૃષ્ઠ ઉપર અસર કરી તેમાં વિકાર કરેછે, અને જે અજવાળા વિનાના ભાગો છે તેઓ કાંઈ અસર કરતા નથી.



આકૃતિ ૩૭ મી.

કાચપર લગાડેલી વસ્તુ ઉપર એવડે તે છબીની છાપ પડેછે, તે છાપમાં છબીના તેજસ્વી ભાગો કાળા દેખાયછે, અને કાળા ભાગો તેજસ્વી દીસેછે, અને તે માટે તે નેગેટિવ ( અસાક્ષાત્ ) કહેવાયછે. એ નેગેટિવ ઉપરથી પછી પૉઝિટિવ છબીઓ એટલે સાધારણ ફોટોગ્રાફો આપણે જોઈએ છીએ તે લેવાયછે.

**૭૨. विपुलदर्शक काच.**—હરકોઈ ઘણી ઝીણી વસ્તુ હોય તે જેમાંથી મોટી દેખાય એવા લેન્સ હોયછે. એવા લેન્સને મહત

દર્શક કે વિપુલદર્શક કાચ કહેવામાં આવેછે. એવો કાચ તમારા-માંના ઘણાના જોવામાં બેશક આવ્યો હશે. જે ચીજને જોવી હોય તેની ઘણી નજીક એવા કાચને રાખવો જોઈએ. એવા કાચથી દૂરનો પદાર્થ, ઉદાહરણ, કોઈ ગ્રહ કે ચંદ્ર, મોટો દેખાશે નહિ; માત્ર જે છેક પાસે હોય તેજ એમાંથી મોટો દેખાયછે. જો તમારે કોઈ ગ્રહ, કે ચંદ્ર મોટો દેખાય તેમ કરવું હોય તો એવા બે કાચ જોઈશે; એક મોટા કાચ વડે ગ્રહ કે ચંદ્રનું પ્રતિબિંબ પાડવું પડેછે,—જેમ આગીઆ કાચથી સૂરજનું પ્રતિબિંબ પાડીએ છીએ તેમ—અને તે પ્રતિબિંબને મોટું કરવાને બીજો વિપુલ-દર્શક કાચ જોઈએછે. એ બીજા કાચ વડે તમે તે પ્રતિબિંબને તપાશી શકોછો, અને મોટું કરી શકોછો.

કોઈ સમીપની વસ્તુ મોટી દેખાય તેમ કરવું હોય તો વિપુલ-દર્શક કાચ વાપરવો, પણ કોઈ વેગળેનો પદાર્થ મોટો દેખાય તેમ કરવું હોય તો પ્રથમ લેન્સ વડે તે દૂરના પદાર્થના પ્રતિબિંબને પાસે આણવું અને પછી તે પદાર્થને વિપુલદર્શક કાચથી જેમ તપાશી-એ અને મોટો દેખાય એમ કરીએ તેમ તેના પ્રતિબિંબને વિપુલદર્શક કાચ વડે કરવું. એવા બે કાચને એમ જોડવાથી જે યંત્ર થાયછે તેને દૂરબીન કે દૂરદર્શક (યંત્ર) કહેછે; એમાંના એક કાચમાંથી દૂરના પદાર્થનું પ્રતિબિંબ પડેછે અને બીજો કાચ તે પ્રતિબિંબને મોટું કરેછે. આડું અજવાળું એ કાચો ઉપર ન પડે માટે દૂરબીન બનાવવામાં એ કાચોને ભૂંગળામાં મૂકેછે.

**૭૩. જુદા જુદા પ્રકારના પ્રકાશનું વાંકું વળવું જુદું જુદું છે.**— પ્રિઝમમાં થઈને જતાં અજવાળાનાં કિરણો શી રીતે વાંકાં વળેછે તે મેં તમને દેખાડ્યું. હવે મારે તમને કહેવાનું એ છે કે પ્રત્યેક પ્રકારના પ્રકાશનાં કિરણોનું વાંકાં વળવું સમાન નથી. લાલ અજવાળું પ્રિઝમમાં થઈને ગયા પછી કેવી રીતે વાંકું વળેછે તે ૩૮ મી આકૃતિમાં જોવામાં આવેછે. રાતા કિરણને ઠામે નારં-ગીયું કિરણ હોત તો તે પોતાના મૂળ માર્ગથી કાંઈક વધારે વળ્યું

હોત; પીળું કિરણ તેથી વધારે વળ્યું હોત: લીલું પીળાથી વધારે; વાદળી લીલાથી વધારે: ગળીના રંગનું કિરણ વાદળીથી વધારે અને કીરમજી (ભાગાજાંબુઆ) કિરણ ગળીના રંગના કિરણથી-એ વધારે વાંકું વળેછે. જે કિરણમાં આ સાતે રંગો (રાતો, નારંગીઓ, પીળો, લીલો, વાદળી, ગળીનો રંગ, અને કીરમજી) મિશ્ર થયેલા હોય તે કિરણ પ્રિઝમમાં પેશી બીજી તરફ નીકળેછે ત્યારે તેમાંના પ્રત્યેક રંગનું વળવું પોતાના પાડોશીઓથી ભિન્ન હોયછે માટે તેઓથી તે જુદું પડેછે, અને આપણી આંખે તે સઘળા જુદા પડેલા દેખાયછે. પ્રિઝમમાં એક પાસેથી તે કિરણ પેઠું ત્યારે તેમાં તે રંગો એકઠા મળી ગયેલા હતા, અને બીજે પાસેથી કિરણ બહાર પડયું ત્યારે તેઓ જુદા પડી ગયા હોયછે.

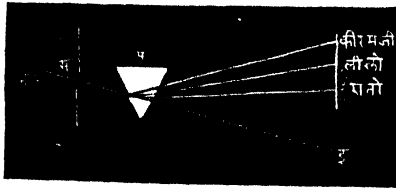
પ્રકાશના મિશ્રિત કિરણનું પૃથક્કરણ એ પ્રમાણે કરી પ્રિઝમ તેનાં તત્ત્વોને છૂટાં પાડેછે, અર્થાત્ તેમાંના વિધ વિધ રંગોને તે જુદા પાડેછે.

હું તમને કહું કે સૂરજનો છે તેવો ધોળો પ્રકાશ એ રંગો ( લાલ, નારંગીઓ, પીળો, વગેરે ઉપર કહ્યા તે રંગો) ના મિશ્રણનોજ બનેલોછે તે જાણી તમે કદાચ વિસ્મય પામશો; પરંતુ થોડા વિચાર કરતાં તમારી ખાત્રી થશે કે ખરેખરૂં એમજ છે.

ઝાકળનાં ટીપાંપર, બીલોરપર અને રત્નોપર તેજનાં કિરણો પડેછે ત્યારે જે શોભાયમાન રંગો દીસેછે તે આપણે સર્વે દીઠાછે.

એવે પ્રસંગે મેઘધનુષ્યના સકળ રંગોથી તેઓ ચળકી રહેછે અને આમ મેઘધનુષ્યનું નામ દેતાં પ્રશ્ન ઉઠેછે કે રત્નોના રંગોનું જે કારણ છે તેજ મેઘધનુષ્યના રંગોનું કારણ તો નહિ હોય? ઘાસ ઉપર પાણીનાં સૂક્ષ્મ પુષ્કળ ટીપાંઓ અગણિત હીરાઓની પેઠે ચળકી રહેછે તેમ મેઘધનુષ્યના નામ પરથીજ અનુમાન થઈ ન શકે કે આકાશમાં પાણીનાં અસંખ્ય સૂક્ષ્મ ટીપાંઓ હશે તેઓનાં એ ધનુષ્યો બનતાં હશે? એ દેખાવોનું કારણ તેજ

નહિ હોય: અને જો હશે તો તે કીયું છે? એ કારણ **સર આઇ-સાક ન્યૂટને** શોધી કાઢ્યું. તેણે પ્રથમ દેખાડ્યું કે ખઈ જોતાં ધોળો પ્રકાશ ભિન્ન ભિન્ન રંગોનાં ઘણાં કિરણોના મિશ્રણનો બનેલો છે, અને અમુક વસ્તુઓમાં થઈને જતાં તેઓ એક-એકથી વિખુટાં પડે છે. વસ્તુતઃ આપણે કહી ગયા તેમ મિશ્ર કિરણમાં ભિન્ન ભિન્ન રંગીન તત્ત્વો છે. તેઓને નિરાળાં કરવાનું એક સાધન પ્રિઝમ છે.




આકૃતિ ૩૮ મી.

પ્રદર્શનને માટે ધારો કે અંધારા ઓરડાની વાસેલી બારીના એક બારણામાં ઊભો ચીરો છે, અને તે ચીરામાંથી તડકો આવે-છે:–૩૮ મી આકૃતિમાં આ ગોઠવણનો નકશો છે, અને આપણે ઉપરથી તેને નિરખીએ છીએ. શરૂઆતમાં આપણી કને પ્રિઝ-મ ન હોય અને **ह** સ્થળેથી બારીના **स** ચીરા ભણી જોઈએ તો, તેજસ્વી ચીરો દેખાશે, વધારે કાંઈ દેખાશે નહિ; વસ્તુતઃ પેલો એર તેજસ્વી સૂર્ય છે તે જોવાને ચીરો માર્ગ આપે છે. હવે આકૃતિ-માં છે તેમ પ્રિઝમને દાખલ કરીએ: તેને મૂક્યા કેડે **ह** સ્થળેથી ચીરો આપણી નજરે પડશે નહિ. પરંતુ જો પ્રિઝમના જાડા ભાગ ભણી જઈને જોઈએ તો ચીરામાંથી આવતો પ્રકાશ અંતે દૃષ્ટિ-ગોચર થશે, તથાપિ તેનો દેખાવ ત્યાં ઘણો બદલાઈ ગયેલો હોવા-નો. હવે તે પહેલાંની પેઠે પાતળા ચીરાને રૂપે નજરે ન પડતાં ઘણા રંગોનો પહોળો પટો દેખાશે, અને તે રંગોમાં એક છેડે રાતા રંગથી આરંભ થઈ આસ્તે આસ્તે બદલાતાં નારંગીઓ, પીળો, લીલો, વાદળી, ગળીનો, અને છેલ્લો કીરમજી એ રંગો તમે નિહાળશો. એ બધા રંગોના મિશ્રણનો ધોળો તડકો થયેલો

છે એ બિના ધ્યાનમાં રાખ્યાની સાથે ઉપર જે કહેવામાં આવ્યું છે તે વડે એ સર્વ સહેલથી સમજાવી શકાય તેમ છે. વાસ્તે પ્રિઝમમાં થઇને જતાં કિરણો વાંકાં વળેછે એટલુંજ નહિ, પણ તેઓનો વાંક એકસરખો નથી. પ્રત્યેક પ્રકારના પ્રકાશનો ચીરો તેની પોતાની સ્થિતિમાં તેના જેવો હોવાનો. માટે તે ચીરાનાં અનેક તેજસ્વી પ્રતિબિંબો એકએકની પાસે હોઇ વસ્તુતઃ પ્રકાશનો એક ચીરો નહોતાં પ્રકાશનો પટો બની રહેશે; એક છેડે રાતો રંગ છે, કેમકે રાતાં કિરણોનું વાંકાં વળવું બીજા સર્વથી ઓછું છે, અને બીજે છેડે કીરમજીઆ (ભાગો જાંબુઆ) રંગ છે, કેમકે કીરમજી કિરણો સર્વથી વધારે વાંકાં વળેછે. આ નાના પ્રકારના રંગના પ્રકાશના પટાનું નામ स्पेक्ट्रम પડયુંછે.

૭૪. **पुनरावर्त्तन.**—મેં તમને તેજોમય અને ઉષ્ણમય કિરણો વિષે કેટલુંક કહ્યું. પ્રથમ તમે શીખ્યા કે તમે પદાર્થોને તપાવવા માંડોછો ત્યારે પહેલ વહેલાં તેઓમાંથી અપ્રકાશિત કિરણો નીકળેછે, પરંતુ તેઓમાં ઉષ્ણતા વધેછે ત્યારે તે કિરણો પ્રકાશિત અને દૃષ્ટિગોચર થાયછે. ઓપેલાં પૃષ્ઠોપરથી કિરણો પરાવર્ત્તન પામેછે તે ત્યાર પછી તમને જણાવ્યું. પાણીમાં થઇને તથા કાચમાં થઇને જતાં તેઓની દિશા વાંકી શી રીતે થાયછે તે પણ તમને શીખવ્યું; તથા બિલોરનો ત્રણ પાસાનો કાચ એટલે પ્રિઝમ કિરણોને પોતાના જાડામાં જાડા ભાગ ભણી કેવી રીતે વાળેછે તે કહ્યું. લેન્સપર પડેલાં બધાં કિરણો સઘળી મેરથી તેના મધ્યબિંદુ તરફ અર્થાત તેના જાડામાં જાડા ભાગ તરફ કેવાં વળેછે તે કહેવામાં આવ્યું; અને લેન્સની ઉપર તડકો પડવા દઇએ તો સૂર્યનું નાનું પ્રકાશિત પ્રતિબિંબ પડેછે તે તમને જણાવ્યું; અને તે પ્રતિબિંબ કાગળને સળગાવેછે કે હાથને દઝાડે છે તે તમને કહ્યું.

લેન્સમાંથી તેજ પ્રકારનું પ્રતિબિંબ ચંદ્રનું કે ગ્રહનું પડેછે એ તમને શીખવ્યું. અને વિપુલદર્શક કાચ વડે તે પ્રતિબિંબની પાસે જઇને જુઓ તો તમે ખરેખર બહુ મોટો ચંદ્ર કે બહુ

મોટો ગ્રહ કેમ દેખાયછે તે અને એમ બે કાચને જોડવાથી દૂર-બીન નામે યંત્ર બનેછે તે તમને કહેવામાં આવ્યું. છેલ્લે તમને શીખવ્યું કે ભિન્ન ભિન્ન રંગના પ્રકાશનાં કિરણો પ્રિઝમમાં થઇને જતાં એવે પ્રકારે વાંકાં વળેછે કે જુદે જુદે ઠામે પડે. તેથી કરીને પ્રિઝમ વડે પ્રકાશના મિશ્ર કિરણનાં બધાં તત્ત્વોને છૂટાં પાડી શકાયછે.

અને હવે આ વિષયની સમાપ્તિ કર્યાની પૂર્વે ઉષ્ણતા ( ગરમી )ની પ્રકૃતિપર થોડું લક્ષ લગાડીએ.

૭૫. उष्णतानी प्रकृति.--આપણે પૂર્વે ઉષ્ણતાને નાદ જોડે સરખાવી ગયા છીએ; વળી મેં તમને કહ્યું છે કે ગરમ થયેલો પદાર્થ શક્તિવાન છે. એ મુકાબલો ફરીને કરીએ. નાદમાં આપણે બે વાત ધ્યાનમાં લેવાનીછેઃ- એક જે વસ્તુ ધ્રુજેછે તે; અને બીજી એ કે જે ધક્કો વાયુની વાટે આપણા કાનપર મોકલેછે, અને જેથી આપણે નાદ સાંભળીએ છીએ તે.

તમને કહેવામાં આવ્યું છે કે તપેલી વસ્તુમાંના સૂક્ષ્મ કણો બહુ ત્વરાથી ધ્રુજેછે, અને જેમ ધ્રુજતા પદાર્થમાંથી અવાજ નીકળી આપણા કાનપર પડેછે તેમ ગરમ થયેલા પદાર્થમાંથી પ્રકાશ નીકળીને આપણી આંખ ઉપર પડેછે. પરંતુ કોઈ પદાર્થને શી રીતે ધ્રુજતો કરવામાં આવેછે, ઉદાહરણ, કોઈ ઘંટને કે ૫ડઘમને? માત્ર તે પર ઘાત કરવાથી એટલે કોઈ વસ્તુ વડે વગાડવાથી. તમે ભારે હથોડીને કે લાળીને ઉતાવળે ઘંટની બાજુકને લાવી વગાડોછો અને તેથી ઘંટ ધ્રુજવા માંડેછે; હવે હથોડી કે લાળી ઘંટને વાગી ત્યાર પહેલાં તે ઉતાવળી ગતિવાળો પદાર્થ છે અને તેનામાં શક્તિ છે, કેમકે તે કામ કરી શકેછે. ઘંટને વાગ્યા પછી તેની શક્તિનું શું થાયછે? વસ્તુતઃ તેણે પોતાની શક્તિ ઘંટને આપી દીધીછે, કેમકે ઘંટ હવણા ધ્રુજેછે. અને તમને કહેવામાં આવ્યું છે કે ધ્રુજતા પદાર્થમાં શક્તિ છે. એમ ઘાતની શક્તિ ઘંટને આપવામાં આવી તે નાશ પામી નથી, પણ માત્ર હથોડીમાંથી નીકળી તે ઘંટમાં ગઈ. હવે ધારો

કે કોઈ લુવાર સીસાનો કકડો તેની એરણ ઉપર મુકી તે ઉપર ભારે હથોડાનો ઘા મારેછે. ધબકારો સંભળાયછે, પણ ઘંટના માફક કાંઈ ધ્રુજતું નથી. માટે હથોડાના ઘાની શક્તિનું શું થયું? ઘંટનું ધ્રુજવું આપણા કાનને લાગેછે તેવું ધ્રુજવું ઉત્પન્ન કરવામાં તે શક્તિ રૂપાંતર થઈ નથી, તો તે કયું રૂપાંતર થયું? તેનું કોઈ પ્રકારનું રૂપાંતર થયું કે નહિ? એનો જવાબ એ છે કે તેનું રૂપાંતર ઉષ્ણતામાં થયું. હથોડાને ઘાએ સીસાને ગરમ કર્યું અને તેના કણોને ધ્રુજતા કર્યા, પરંતુ એ ધ્રુજવું ઘંટના ધ્રુજવા જેવું નથી; જો લુવાર તે સીસાને ગરજ જેટલા વખત લગી ઘા માર્યા કરે તો તેને પીગળાવી પણ નાંખે.

બેશક તમારામાંના કોઈએ ચળકતા બટનને લાકડાપર ઘસવામાં શક્તિ વાપરી હશે તે બટન ઉપર વાપરેલી સઘળી શક્તિનું શું થયું? ઉત્તર એ છે કે તેણે ગરમીનું રૂપ ધારણ કીધું; ઘસીને બટનને તુરત તમારા હાથપર કે તમારી પાસે બેઠેલાના અંગ ઉપર લગાડવાથી એ સત્ય સહેલથી સિદ્ધ કરી શકશો.

**प्रयोग ૫૨ मो.**—ઘાની શક્તિનું રૂપાંતર જે શક્તિને આપણે ઉષ્ણતા કે ગરમી કહીએ છીએ તેમાં કેમ થાયછે તે દર્શાવવાને વેસ્ટાસ નામે દીવાસળી થાય છે તે લેઈએ. એના છેડાપર ફોસ્ફરસ લગાડેલું છે. પથ્થરપર મુકી હથોડી વડે કે પથરા વડે તેની ઉપર ઘા મારીએ; તમને માલૂમ પડશે કે ફોસ્ફરસને સળગાવે એટલી ઉષ્ણતા એ ઘાથી ઉત્પન્ન થઈ.

એમ તમે જુઓછો કે ઘર્ષણથી ગરમી ઉત્પન્ન થાયછે અને આગગાડીની ગતિને અટકાવનાર બ્રેકવ્હીલમાંથી અંધારી રાત્રે તનખા ઊડતા તમે દીઠા હશે.* આ બધા બનાવોમાં ખરેખરી દેખીતી શક્તિનું રૂપાંતર ઉષ્ણતા નામે શક્તિમાં થાયછે, ભેદ એટલો એ છે કે દેખીતી શક્તિમાં હોનાર

---

* પહેલાં ચકમક પર ગજવેલને જોરથી અથડાવી દેવતા પાડતા હતા તે પણ આનું દૃષ્ટાંત છે. ભા. ક.

પદાર્થ આએા ગતિમાં હોયછે, અને તેના સઘળા રજકણેા એકજ દિશામાં એકી વખતે ગતિ કરેછે, પણ ઉષ્ણતામાં તેના ભિન્ન ભિન્ન રજકણેા ઉતાવળે આગળ જાયછે અને પાછા આવેછે, તથાપિ તે આએા પદાર્થ સ્થિર હોયછે. એમ તમે જુઓછેા કે દૃષ્ટિગેાચર શક્તિનું રૂપાંતર ઉષ્ણતામાં કરી શકાય અને મારે વધારે કહેવાનું એ છે કે કેટલીક હદમાં ઉષ્ણતાનું રૂપાંતર ફરીને દૃષ્ટિગેાચર શક્તિમાં કરી શકાયછે. વરાળયંત્ર શાથી કામ કરી શકે છે? તેના બેાઇલરમાંનું પાણી અગ્નિથીજ ઉકળેછે કે નહિ? એમાં બળતા કેાયલા કે બળતાં લાકડાંની ઉષ્ણતાશક્તિ વાસ્તવિક સાચેસાચી બદલાઈ જે શક્તિ વડે પિસ્ટન ઉપર નીચે જાઆવ કરેછે અને ફ્લાઈ વ્હીલ ચકર ચકર ફરેછે તે દૃષ્ટિગેાચર શક્તિનું રૂપ ધારણ કરેછે.

વસ્તુતઃ વરાળયંત્રોથી થાયછે તે સઘળું ઉષ્ણતા કરેછે. એમ તમે શીખ્યા કે વાસ્તવિક શક્તિનું રૂપાંતર ઉષ્ણતામાં થઈ શકે છે એટલુંજ નહિ, પણ વરાળયંત્રમાં ઉષ્ણતાનું રૂપાંતર પાછું વાસ્તવિક શક્તિમાં કરી શકીએ છીએ.

## विद्युन्मयपदार्थो.

**७६. वाहक अने अवाहक.**—બે હજારથી વધારે વર્ષોની પૂર્વે જાણવામાં હતું કે કેરબાને હીર જોડે ઘસવાથી તે હલકી વસ્તુએાને આકર્ષેછે; અને શુમારે ત્રણસેં વર્ષોપર ડાક્ટર ગિલ્બર્ટે દેખાડ્યું હતું કે ગંધક, લાખ, કાચ વગેરે બીજી ઘણી ચીજોમાં કેરબાના જેવેા આ ગુણ છે.

વિદ્યુત કે વીજળી વિષે આપણા જ્ઞાનનેા જુજ અને લઘુ આરંભ એ હતેા. હાલના સમયમાં એ જ્ઞાનનેા વધારેા એટલેા બધેા ચમત્કારિક થયેાછે કે આપણે એશિઆથી યુરેાપમાં કે યુરેાપથી અમેરિકામાં એક સેકંડથી એાછા કાળમાં સંદેશા મેાકલી શકીએ છીએ.

*પ્રયોગ ૯૩ માં.*—કાચના ડાટાવાળો ધાતુનો સળીઓ લેઇએ અને તેના કાચના ડાટા ઉપર રેશમ (કે રેશમી કપડું) ઘશીએ. કાચ અને રેશમને તપાવી પ્રથમ પૂર્ણ સૂકાં કરવાં જોઇએ. હવે કાચમાં કાગળના નાના કકડા કે બરૂના ગરને આકર્ષણ કરવાની શક્તિ આવી છે, પણ જે ઠેકાણે રેશમ ઘસ્યું ત્યાંજ માત્ર એ શક્તિ છે. વસ્તુતઃ એમ ઘસવાથી કાચને નવો ગુણ મળ્યો છે. પણ એ તેના આખા પૃષ્ઠ ઉપર પ્રસરી શકતો નથી. કાચ વિષે એટલું જાણ્યા પછી ધારો કે ચાલતા વિદ્યુત્ યંત્ર (ઇલેક્ટ્રિક મશીન) ના મુખ્ય વાહક (પ્રાઇમ કન્ડક્ટર) ને એ ધાતુનો સળીઓ અડાડીએ. એમ તેનો સ્પર્શ થયા પછી તેનામાં કાચના જેવા ગુણો આવશે: અર્થાત્, કાગળ કે મોટા ગરના જેવી હલકી વસ્તુઓ પર તે આકર્ષણ કરશે, પણ એ સળીઆના સઘળા ભાગમાં એ શક્તિ આવેલી હોવાની: તેનો જે ભાગ વિદ્યુત્ યંત્રને અડક્યો તેટલામાંજ તે ઘેરાઇ રહી નથી. વસ્તુતઃ વિદ્યુત સત્તા ધાતુના પૃષ્ઠ ઉપર પ્રસરી શકે છે, અને કાચના પૃષ્ઠ ઉપર પ્રસરી શકતી નથી એ વાસ્તે કાચ વિદ્યુત્ **અવાહક** કહેવાય છે ને ધાતુ વિદ્યુત **વાહક** કહેવાય છે. વસ્તુતઃ ઉષ્ણતા અને વિદ્યુત્ એ બંનેથી કાચ ઉપર સહેલથી પ્રસરી શકાતું નથી અને એ બંને ધાતુ ઉપર ઝટ પ્રસરી શકે છે; તેમજ કોયલા, તેજાબો, ઓગળે એવા ખાર, પાણી અને જનાવરોનાં શરીરો સારાં વિદ્યુત્ વાહક છે, પરંતુ ધાતુનાં જેવાં નહિ; રબર, સૂકો વાયુ (હવા), રેશમ, કાચ, મીણ, ગંધક, કેરબો (તૃણમણી), લાખના તાર એ સર્વ મંદવાહક છે.

વિદ્યુતના પ્રયોગ કરવામાં ફતેહ પામવી હોય તો વિદ્યુત એકવાર મળી કે તેને રાખવાની કેવળ જરૂર છે; વસ્તુતઃ તેને અવાહક પદાર્થો વડે ઘેરી લેવી જોઇએ. એ માટે સૂકી હવામાં (ભેજ વગરના વાયુમાં) પ્રયોગ કરવા એ મોટી અગત્યનું છે, અને જે પદાર્થમાં વિદ્યુત હોય તેને કાચના પાયા ઉપર રાખવો.

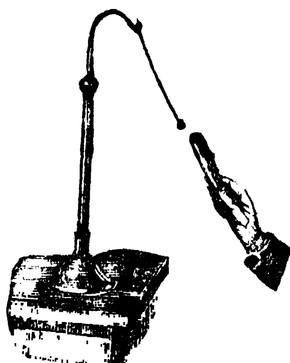
**૭૭. विद्युत्नी बे जात. प्रयोग ५४ मो.**—હવે મારે તમારી ખાતરી કરી આપવી છે કે બે વિરૂદ્ધ જાતની વિદ્યુત્ છે. એ સાબિત કરવાને ૩૯ મી આકૃતિમાં જે યંત્રનું ચિત્ર છે તે યંત્રનો ઉપયોગ કરીએ. એ યંત્રમાં કાચનો દાંડો અને તેને બાંધેલી હીરની દોરીએ બરૂના ગરની ગોળી છે. પહેલાં તો આપણે કાચના બીજા દાંડાને રેશમે ઘશીએ, અને એમ ઘસેલા કાચના દાંડાને ગરની ગોળીને અડકાડીએ. એ કાચનો દાંડો અડવાથી ગરની ગોળી વિદ્યુતવાળી થશે અને તે વિદ્યુત્ તેમાંથી વહી જઈ શકશે નહિ, કારણ કે રેશમની દોરી, કાચનો દાંડો, અને ગરની ગોળીની આસપાસનો વા (સૂકો હોય તો) અવાહક છે. હવણા તમે જોશો તો જણાશે કે કાચના દાંડાને ગરની ગોળીએ અડકાડ્યા પછી તે ગોળીને કાચનો દાંડો આકર્ષણ કરશે નહિ, અને તેથી ઉલટું તે દાંડો તેને પાછી ધકેલશે. એ પછી આપણે લાખની લાકડી લઈ તેને ઉંફાળા સૂકા ફલાનલની ઉપર ઘશીએ. હવે માલૂમ પડશે કે વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલા કાચના દાંડાએ જે ગરની ગોળીને પાછી હડસેલી હતી તેને વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલી લાખ પોતાની ભણી આકર્ષણ કરશે.

એ પરથી એમ જણાયછે કે ગરની ગોળીને વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલો કાચનો દાંડો પ્રથમ લગાડ્યા પછી તે ગોળીને વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલો કાચનો દાંડો પાછી હડસેલશે, તથાપિ વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલી લાખ તેને આકર્ષણ કરશે.

જો આપણે એથી ઉલટું કર્યું હોત એટલે ગરની ગોળીને પ્રથમ વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલા કાચને બદલે વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલી લાખ અડકાડી હોત તો વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલી લાખ તેને પાછી હડસેલત અને વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલા કાચે તેને આકર્ષણ કર્યું હોત.

એ પરથી આપણને જ્ઞાન થાયછે કે બે જાતની વિદ્યુત્ છે—ઉશ્કેરાયલા કાચથી મળેછે તે એક જાતની છે, અને ઉશ્કેરાયલી લાખથી મળેછે તે બીજી જાતની છે.

જ્યારે આપણે ગરની ગોળીને ઉશ્કેરાયલા કાચનો સ્પર્શ કર્યો ત્યારે કાચમાંની વિદ્યુત્‌નો કેટલોક ભાગ તેમાં ગયો; અને પછીથી તે ગોળીને ઉશ્કેરાયલા કાચે પાછી હડસેલી તે ઉપરથી આપણે અનુમાન કરીએ છીએ કે **એકજ જાતની વિદ્યુત્‌વાળા પદાર્થો એક બીજાને પ્રત્યાકર્ષણ કરેછે**



આકૃતિ ૩૯ મી.

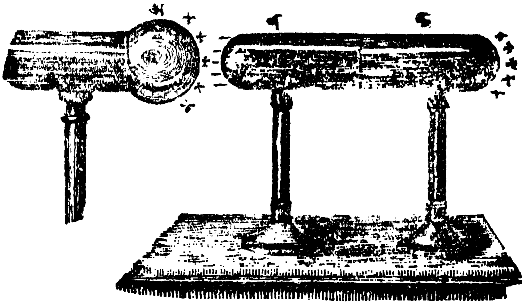
**એટલે પાછા હડસેલેછે.** પરંતુ ઉશ્કેરાયલા કાચમાંની વિદ્યુત ગરની ગોળીમાં હોય તો તે પર ઉશ્કેરાયલી લાખનું આકર્ષણ થાયછે; જો ઉશ્કેરાયલી લાખની વિદ્યુત તેમાં હોય તો તેના ઉપર ઉશ્કેરાયલા કાચનું આકર્ષણ થાયછે, અને તે ઉપરથી અનુમાન કરીએ છીએ કે **વિરૂદ્ધ જાતોની વિ-દ્યુતોવાળા પદાર્થો એકએકને આકર્ષણ કરેછે.**

૭૮. **न उश्केरायला पदार्थोमां तेओ भेगी रहेछे.**—આપણે એવું ધારવું કે હરેક વસ્તુમાં એ બે જાતની વિદ્યુત ભેળસેળ થયેલી કાંઇક પરિમાણમાં રહેલી છે, અને ઘસવાથી આપણે જે કરીએ છીએ તે માત્ર એ વિદ્યુતોને એકએકથી છુટી પા-ડીએ છીએ. લાખને ફલાનલપર ઘશીએ છીએ ત્યારે એ બેને જુદી પાડીએ છીએ, બીજું કાંઇ કરતા નથી—એક જાત લાખને વળગેછે, અને બીજી ફલાનલપર પાછળ રહેછે.

તેમજ કાચને રેશમે વતી ઉશ્કેરીએ છીએ તે વારે બે જાત-ના વિદ્યુત્‌નો વિયેાગ કરીએ છીએ, બીજું કશું કરતા નથી,-એક જાત કાચપર રહેછે અને બીજી રેશમને વળગી રહેછે. ઘર્ષણથી જ્યારે વિદ્યુત ઉશ્કેરી બહાર આણવામાં આવેછે ત્યારે હમેશ એમજ બનેછે, અને બેમાંની એકજ જા-તને, બીજી જાતનાને તેટલીજ ઉશ્કેર્યાવિના ઉશ્કેરી શકા-તી નથી. સારાંશ કે આપણે વિદ્યુતને સરજાવતા (કે પેદા કરતા) નથી; પણ આ મત પ્રમાણે આપણે બે વિરૂદ્ધ જાતોને માત્ર છૂટી પાડીએ છીએ.

રેશમવતી ઘસવાથી કાચની દાંડીમાં જે વિદ્યુત દર્શન દેછે તેનું નામ **પોઝિટિવ** પાડવામાં આવ્યું છે, અને ફલાનલપર ઘસવાથી લાખમાં દર્શન દેછે તેનું નામ **નેગેટિવ** પાડવામાં આવ્યું છે. વિદ્યુતની બે જાતોને ઓળખવાને માત્ર આ નામો પાડવામાં આવ્યાં છે.

**७९. उश्केरायला पदार्थोनो न उश्केरायला पदार्थोपर व्यापार.**—આપણે જોયું કે એકજ જાતની વિદ્યુતો એકએકને પ્રત્યાકર્ષણ કરેછે એટલે પાછી હડસેલેછે, અને વિરૂદ્ધ જાતની વિદ્યુતો એક બીજાને આકર્ષણ કરેછે, પણ નીચે જે બિના લખી છે




આકૃતિ ૪૦ મી.

તેમાં શું થશે તે હજી શીખવાનું રહ્યું છે. ૪૦ મી આકૃતિમાં અ પીતળનો મોટો પોલો ગોલો છે, અને તેને ડાબે હાથે નળી છે

તે પણ પીતળની રાખીએ; એ બેને કાચના પાયા ઉપર રાખ્યા છે, કારણ કે अ માં કાંઇ વિદ્યુત હોય તો તે જતી રહેવા ન પામે.

હવે ब અને स એ બે પાત્રો છે. એ બંનેના ઉપલા ભાગ પીતળના છે, અને તેઓ આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે તેમ મધ્ય ભાગે વિખૂટા પડી શકે તેવા છે; ब અને स બેહુને કાચના પાયા ઉપર મૂકયા છે કે તેઓમાંના કોઇમાં વિદ્યુત હોય તો તે સટકી જઇ શકે નહિ.

આપણે આરંભમાં ધારીએ કે अ પોઝિટિવ વિદ્યુન્મય છે, તથા એ વેળા ब માં અને स માં વિદ્યુત્ ઉશ્કેરેલી કે ભરેલી નથી. હવે ब ને અને स ને अ ભણી ધકેલો. ब માં અને स માં વિદ્યુતને ઉશ્કેરેલી કે ભરેલી નથી તેથી તેઓની બે વિદ્યુતો એક બીજાથી જુદી પડી નથી, પણ મિશ્ર છે. પરંતુ તેઓને अ ની સમીપ આણો છો ત્યારે अ ની પોઝિટિવ વિદ્યુત ब ની નેગેટિવ વિદ્યુતને પોતાની ભણી આકર્ષે છે અને પોઝિટિવને આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે તેમ स ના જમણે છેડે હડસેલી મેલે છે.

હવે આપણે स ને ब થી દૂર ખેંચી લઇએ અને છેલ્લે ब ને अ થી દૂર ખેંચી લઇએ તો ब માંની કેટલીક નેગેટિવ વિદ્યુતને અને स માંની કેટલીક પોઝિટિવ વિદ્યુત્‌ને એક બીજાથી છૂટી પાડી અને अ માં તો જે વિદ્યુત્ હતી તેજ રહી.

વસ્તુતઃ આપણે अ માંની વિદ્યુતને ब ની અને स ની કેટલીક વિદ્યુતોને વખૂટી પાડવાના કામમાં લીધી, અને ફરીને મદદ કરવાને अ તો પહેલાંની પેઠે હજુ તૈયાર છે. આ દૂરનો વ્યાપાર अ ની વિદ્યુતે કર્યો કે મદદ આપી તેનું નામ **વિદ્યુત પ્રોત્સાહન** (ઇલેક્ત્રિક ઇંડક્શન) પાડવામાં આવ્યું છે.

૮૦. **વિદ્યુત્ તણખો.**—આપણે આપણો પ્રયોગ કાંઇક બીજી રીતે કરી શકીએ. ब ને અને क ને આસ્તે આસ્તે अ ની ભણી લાવીએ અને તેમ કરવું જારી રાખીએ. જ્યારે अ અને ब એક

એકની ઘણા પાસે આવશે ત્યારે अ ની પોઝિટિવ વિદ્યુત્ તથા ब ઉપર પ્રોત્સાહન કરેલી નેગેટિવ વિદ્યુત્ એક બીજાથી માત્ર હવાથી જુદી રહેલીછે તેઓ અંતે એટલી બધી બળવાન થશે અને તેઓની વચ્ચેની હવાનું પડ એટલું પાતળું થઈ જશે કે તેઓ સામસામાં ધશી આવી તનખાના રૂપમાં બંને ભેગાં થઈ જશે. એનું પરિણામ એ થશે કે अ એ પોતાની પોઝિટિવ વિદ્યુતમાંથી થોડી ગુમાવી હશે અને ब એ પોતાની નેગેટિવ વિદ્યુત્માંથી થોડી ખોઈ હશે. હવે જો આપણે ब અને क ને વખૂ-ટા પાડીએ તોએ क પોઝિટિવ વિદ્યુન્મય છે, કેમકે તે તેમાંથી જતી રહી નથી; વસ્તુતઃ अ માં જેટલી પોઝિટિવ વિદ્યુત્ ગઈછે તેટલી क માં ઉમેરાઈછે તેથી अ માંની કેટલીક વિદ્યુત્ क માં ગઈ હોય તેવું પરિણામ ખરેખરૂં જોતાં થયું છે.

८१. **केटलाक प्रयोगो.**—વિદ્યુત્ પ્રોત્સહન વિષે હમણા જે કહે-વામાં આવ્યુંછે તેનું પ્રદર્શન થોડાક સાદા અને આશ્ચર્યકારક પ્રયોગો વડે સહેલથી થઇ શકેછે; પણ એટલું યાદ રાખવું કે એ પ્રયોગો કરવામાં યંત્રનો કાચ પૂર્ણ કોરો અને ઉંફાયલો જોઈએ.

**प्रयोग ५९ मो.**— આ પાસેની આકૃતિમાં જે યંત્ર છે તેવડે આ-પણે વિદ્યુતને ઓળી કાઢી શકીએ છીએ. એ યંત્રનું નામ સુવર્ણ વરખ વિદ્યુત્દર્શક (ગોલ્ડ લીફ ઈલેક્ટ્રોસ્કોપ )છે તેનો વ્યાપાર દેખાડવાને તેની ટોચે ગોળી છે તેમાં થોડી પોઝિટિવ વિદ્યુત્ મૂકીએ. એ વિદ્યુત્ સોનાના વરખપર પહોંચેછે અને તેઓ એ



આકૃતિ ૪૧ મી.

ગોળી સાથે વિદ્યુત્ સંબંધે જોડાયાંછે. એ વરખોમાં એકજ જાતની વિદ્યુત્ ભરાયાથી તેઓ, આકૃતિમાં દેખાયછે તેમ, એક એકને પાછાં ઠેલેછે. હવે વિદ્યુત્ દર્શકનો વ્યાપાર ચાલેછે.

**પ્રયોગ ૫૬ મો.**—એમ વિદ્યુત દર્શકમાં પોઝિટિવ વિદ્યુત મૂકયા પછી તેની ટોચની પાસે ઉશ્કેરાયલા કાચનો દાંડો ધરીએ. એમ કરેથી સોનાના વરખો એક બીજાથી વધારે વેગળે જશે. એમ થવાનું કારણ એ કે ઉશ્કેરાયલા કાચની પોઝિટિવ વિદ્યુત્ ટોચની નાન્યતર વિદ્યુતનું પૃથક્કરણ કરી તેમાંની નેગેટિવ વિદ્યુતને પોતાની ભણી આકર્ષેછે, અને પોઝિટિવને સોનાના વરખોમાં હડસેલી મેલેછે. માટે જો પૂર્વે એ વરખોમાં પોઝિટિવ વિદ્યુત્ ભરેલી હતી તો તેઓ હવે એક એકથી વધારે દૂર જશે.

**પ્રયોગ ૫૭ મો.**—વિદ્યુત દર્શક અગાઉની પેઠે પોઝિટિવ વિદ્યુત્ વાળો છે તેવારે ઉશ્કેરાયલી લાખની લાકડી તેની ટોચની નજીક ધરીએ તો પ્રથમ માલૂમ પડે કે સોનાના વરખો એક એકથી દૂર ગયાને બદલે એક એકની સમીપ આવી જશે. એમ થવાનું કારણ એ કે ઉશ્કેરાયલી લાખની નેગેટિવ વિદ્યુત તે ટોચની નાન્યતર વિદ્યુતનું પૃથક્કરણ કરી તેમાંની પોઝિટિવને પોતાની અંદર આકર્ષી લેછે અને નેગેટિવને સોનાના વરખોમાં હડસેલી મેલેછે. પરંતુ પૂર્વે સોનાના વરખોમાં પોઝિટિવ વિદ્યુત હતી તેમાંની કેટલીકને આ હડસેલાઇ આવેલી નેગેટિવ વિદ્યુત રદ્દ કરશે અને વરખો પાછા પડેછે.

**પ્રયોગ ૫૮ મો.**—આ પ્રયેાગમાં આપણે પીતળની પોલી ગોળી કે વાહકને કામમાં લેઇએ છીએ. એને કાચના પાયા ઉપર રાખેલીછે. વિદ્યુત્ યંત્રને ચાલતો કરી તેની સોડે આ ધેરી રાખે તેવા વાહકને લાવીએ તો તેમાંથી તણખો બહાર કાઢી શકીશું, પણ તે ઘણો મંદ હોવાનો. હવે પોલી ગોળીને યંત્રથી અતિ વેગળેના ભાગપર આપણી આંગળી વતી અડકીએ ત્યારે તે ગોળીમાં તણખો આવશે તે ઘણો વધારે જોરાવર હોવાનો.

૮૦ મી કલમમાં એવા તણખાના કારણ વિષે જે કહ્યુંછે તે આથી પ્રદર્શિત થાયછે. વસ્તુતઃ યંત્રની પોઝિટિવ વિદ્યુત્ પોતાની ભણી પોલી ગોળીની નેગેટિવ વિદ્યુતને ખેંચેછે, અને પોઝિટિવને પોતાથી બની શકે તેટલે દૂર હડસેલી મૂકેછે. પણ,

જો એ ગોળીમાં વીજળી ઘેરાઇ રહે તેમ કર્યું હોય તો પોઝિટિવ-ને જોઇએ તેટલી દૂર ધકેલી મૂકી શકાતી નથી તથા બે વિદ્યુ-તોનો જોઇએ તેટલો સારો વિયોગ કરી શકતા નથી, અને તેનું પરિણામ એ થાયછે કે તનખો નબળો નીકળેછે. પરંતુ પીતળની પોલી ગોળીને તમે અડકોછો તે ગોળીની પોઝિટિવ વિદ્યુતને તમારા શરીરની વાટે પૃથ્વીમાં હડસેલી મૂકવામાં આવેછે ને તેથી બે વિદ્યુતોનો વિયોગ સારો થાયછે અને તેથી તનખો સારો નીકળેછે.

૮૨. **અણીઓનો વ્યાપાર.**—છેલ્લા પ્રયોગમાં તમે પીતળના ગોળાને અડકી રહો અને સંચો જોડે ચાલતો રાખો તો એક પછી એક એમ તનખા તમારી કાયામાં થઇ જમીનમાં જશે, અને તેથી તમને કાંઇક અસુખ લાગશે. સાચું કહીએ તો એ વિદ્યુત્ સંચાના તનખાને વીજળીના ચમકારા જોડે સરખાવી શ-કાય-વીજળીનો ચમકારો વસ્તુતઃ ઘણો લાંબો તનખો છે. જ્યારે વીજળી કોઇ આદમીના ઉપર પડેછે ત્યારે તે વિદ્યુત તેના અંગ-માં થઇ ભોંયમાં ઉતરી જાયછે, તેમજ જ્યારે છેલ્લા પ્રયોગમાં ગોળાને આપણે ઝાલીએ કે અડીએ છીએ ત્યારે વિદ્યુત્ આપણા તનમાં થઈ પૃથ્વીમાં જાયછે.

**પ્રયોગ ૯૧ મો.**—હવે આપણે એ પોલા ગોળાને એક અણી લગાડી તેને યંત્રના વાહકની નજીક આણીએ અને આગળની પેઠે આપણી આંગળી વડે ગોળાને અડકી રહીએ. હવે યંત્રમાં-થી તનખો મેળવી શકાશે નહિ, પણ તેને ઠામે વિદ્યુતનો સળંગ પ્રવાહ ધસ્યો આવશે. વસ્તુતઃ વિદ્યુત્ જેટલી ત્વરાથી ઉત્પન્ન થાયછે તેટલી ત્વરાથી તેને હરકોઇ અણીઆળી વસ્તુ લેઇ લેછે, અને તેમને તનખો બનવાને એકઠી થવાનો વખત મળવા દેતી નથી. ઊંચી ઇમારતોને મથાળે અણીઆળા ધાતુવાહકો મૂકવા-માં આવેછે તેનો ઉપયોગ એ પરથી જણાયછે. તેઓ ઉપર વીજળી પડી નુકસાન કરે તેથી બચાવવાને કાજે એ વાહકો મૂકેછે. એ અણીઆળા ધાતુવાહકો જમીનમાં ઉતારેલા હોય

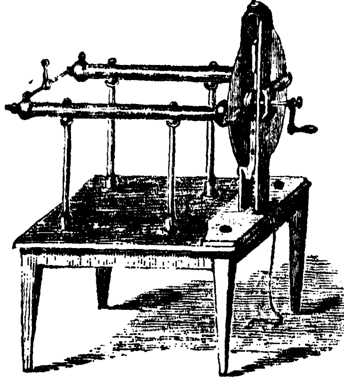
છે, અને ૫૮ મા પ્રયોગમાં અણીએ જેમ કર્યું તેમ તેઓ મુંગા મુંગા વિદ્યુતને (એટલે વીજળીને) ભૂમિમાં લેઇ જાયછે; અને જેમ તે અણીએ મારી આંગળીનું તનખાથી રક્ષણ કર્યું તેમ એ વીજળી વાહકો વીજળીના પડવાથી તેઓનું રક્ષણ કરેછે, અર્થાત્ વીજળીને તે ઇમારતો ઉપર પડવા દેતા નથી.

વીજળી અને વિદ્યુત્ એકજ છે એ પ્રથમ શોધનાર અમેરિકાનો ફ્રાંક્લિન નામે ફિલસુફ હતો– ભેદ માત્ર એટલોજ છે કે વીજળીનો ચમકારો ઘણી વાર કેટલાક માઇલ લાંબો હોયછે અને વિદ્યુતનો તનખો માત્ર થોડા ઇંચ હોયછે.

૮૩. **વિદ્યુત યંત્ર.**—હવે તમે વિદ્યુત યંત્રની રચના સમજી શકો તેવી અવસ્થામાં છો. એ સંચાના બે ભાગ છે; પહેલામાં વિદ્યુત પેદા કરવાની ગોઠવણ હોયછે, અને બીજામાં તેને એકઠી કરવાની ગોઠવણ હોયછે.

૪૨ મી આકૃતિમાં જેનું ચિત્ર છે તે એવા સર્વોત્તમ યંત્રોમાંનો એક છે. એમાં કાચની મોટી તકતીના ગોળ ભ્રમણથી વિદ્યુત્ ઉત્પન્ન થાયછે. એ તકતી પોતાના ફરવાથી બે ઘર્ષકોની જોડાની સાથે ઘસાયછે. એ ઘર્ષકો ઉપર અને નીચે હોયછે, અને તેઓ બહુધા ઘોડાના વાળ ભરેલી ચામડાની ગદેલીઓ હોયછે. ફરતા કાચની ઉપર તેઓ કાંઇક સખ્ત દબાણ કરેછે. તેઓની ઉપર કોઇ નરમ ધાતુનો લેપ હોયછે. ચામડાની ઉપર એ લેપ ચોપડેલો હોયછે. એ લેપ ઘણું કરીને એક ભાગ જસત, એક ભાગ કલાઇ અને એક ભાગ પારાનો બનાવવામાં આવેછે. ધાતુની સાંકળી વડે એ ઘર્ષકો એક એકની સાથે અને જમીનની સાથે જોડાયલા હોયછે. જ્યારે કાચના ગોળ તકતાને ફેરવવામાં આવેછે ત્યારે કાચમાં પોઝિટિવ વિદ્યુત પેદા થાયછે, અને ઘર્ષકોમાં નેગેટિવ વિદ્યુત્ પેદા થાયછે. ઘર્ષકોની નેગેટિવ વિદ્યુત્ તેઓને જોડનારી ધાતુની સાંકળીમાં પ્રવેશ કરેછે અને તે વાટે ભોંયમાં ઉતરી ત્યાં વિખરાઇ અને ફેલાઇ જાયછે, વસ્તુતઃ

જતી રહેછે. એમ નેગેટિવ વિદ્યુત્‌ના જવાથી કાચપર પોઝિટિવ વિદ્યુત્ રહેછે. કાચની આસપાસ બે પીતળના ગજીઆ છે તેઓ ધાતુના મોટા પૃષ્ઠ સાથે જોડાયલા છે. એ



આકૃતિ ૪૨ મી.

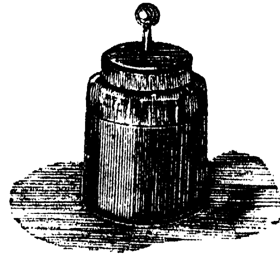
પૃષ્ઠને વાહક કહેવામાં આવેછે અને તે આકૃતિમાં દેખાયછે. એ વાહકના પાયા કાચના છે તેથી જે વિદ્યુત તેમાં આવેછે તેને તે રાખી શકેછે. કાચની તકતીની કને બે મોટા સળીઆ છે તેઓમાં ધાતુની અણીઓ છે. તમને કહેવામાં આવ્યું છે કે વિદ્યુતને ખેંચી લેવાનો ગુણ અણીઓમાં ઘણો છે. એનું પરિણામ એ થાયછે કે એ અણીઓ કાચની પોઝિટિવ વિદ્યુતને ખેંચી લેછે કે તેનો સંગ્રહ કરેછે અને વાહકમાં લેઈ જાયછે. એ વાહકો કાચના પાયા ઉપર છે તેથી તે વિદ્યુત તેમાં (વાહકમાં) રહેછે. કાચની તકતીને જોઇએ તેટલી વારલગી ફેરવ્યાથી આપણે એ રીતે વાહકમાં પોઝિટિવ વિદ્યુત્‌નો મોટો સંગ્રહ કરી શકીએ.

**પ્રયોગ ૬૦ મો.**—જ્યારે વિદ્યુત્ યંત્રના વાહકમાં વિદ્યુત્ ભરેલી હોય ત્યારે જો હું મારી આંગળી તેની પાસે ધરૂં તો તે વાહક

અને મારી આંગળીની વચ્ચે તનખો જાયછે. એનું કારણ એ છે કે તે વાહકની પોઝિટિવ વિદ્યુત મારી આંગળીમાં ભેગી રહેલી બે વિદ્યુતોને છૂટી પાડી તેમાંની પોઝિટિવ તેજ જાતની હોવાથી તેને મારા પગની પાટલીની વાટે ભૂમિમાં ધકેલી મેલી તેમાંની નેગેટિવને પોતાની અંદર આકર્ષી લેછે.

તે બે વિદ્યુતો—વાહકમાંની પોઝીટિવ અને મારા આંગળામાંની નેગેટિવ–પછી બહાર હવામાં ધશી આવી એકમેકને મળી જાયછે, અને તેમ કરવામાં તનખો બનાવેછે.

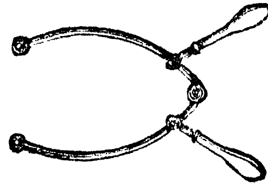
**૮૪. લેડનજાર. પ્રયોગ ૬૧ મો.**—એ પ્રમાણે તમે વિદ્યુત્ યંત્રના થડમાંતમારી આંગળીને કે વેઢાને ધરોછો અને તણખો નીકળેછે, ત્યારે કાંઈ ભોકાતું હોય તેવું લાગેછે, તથાપિ કાંઈ વધારે થતું નથી; તમને ધક્કો લાગતો નથી. ધક્કો લાગવાને સારૂ ૪૩ મી આકૃતિમાં છે તેવા લેડનજારને પ્રયોગમાં લેવી જોઈએ. એ કાચની બરણી છે, અને તેના કાંઠાસુધી અંદરથી તથા બહારથી કલાઇનો વરખ લગાડેલોછે. છેડે ગોળ ગુંડાવાળો પીતળનો દાંડો અંદરના વરખને લાગેલોછે. બરણીને બૂચનો દાટો છે તેમાં થઈને એ દાંડો અંદર ઉતરેલો હોવાથી સજડ રહ્યોછે. એમ એ બરણીને વરખના બે લેપ છે, એક અંદર અને એક બહાર, અને વિદ્યુતના સંબંધમાં તેઓ એક એકથી છૂટા છે, કારણ કે કાચ વિદ્યુત્ વાહક નથી. ધારો કે હું એ બરણીને મારા હાથમાં લઉંછું અને મારો હાથ તેના બહારના વરખ લેપને લાગેલોછે. ચાલતા વિદ્યુત્ સાંચાના વાહક આગળ અંદરનો ગુંડો ધરીએ. એથી વાહકની પોઝિટિવ વિદ્યુત બરણીની અંદરના વરખ લેપમાં


આકૃતિ ૪૩ મી.

પ્રવેશ કરશે. હવે તે બહારના વરખ લેપમાંની બે વિદ્યુતોનું

પૃથક્કરણ કરી મારા હાથની અને શરીરની વાટે પોઝિટિવને પૃથ્વીમાં હડસેલી મેલશે અને નેગેટિવને આકર્ષણ કરશે. વસ્તુતઃ લેપની માંહેને પડએ પોઝિટિવ વિદ્યુતની પલટન વરખલેપને બહારને પડએની નેગેટિવ વિદ્યુતની પલટનની સામે આવી રહેલી હતી, અને બંને મળી જવાને આતુર છે પણ કાચે અટકાવેલીછે. એ બે વિદ્યુતો એક બીજાપર નજર રાખવામાં એટલી એકચિત્ત થઈ ગયેલી છે કે હું અંદરની બાજુએ બીજી મોકલુંછું તે દર્મિયાન તેઓ પોત પોતાને ઠામેથી જરા ખસતી નથી. આ બીજી વાર ભરેલી વિદ્યુત પણ આંગળીએ કર્યું હતું તેજ કરવાની. બહારના લેપની બે વિદ્યુતોનું તે ફરીને પૃથક્કરણ કરશે, બહારની બાજુની પોઝિટિવ વિદ્યુતને ત્યાંથી મારા હાથને માર્ગે પૃથ્વીમાં હડસેલી મેલશે. અને નેગેટિવ વિદ્યુત્ બહારની બાજુના વરખમાં રહી અંદરના વરખમાં દાખલ કરેલી નવી પોઝિટિવ વિદ્યુત પલટનની સામી જોતી રહેશે. હવે બે પલટન અંદર અને બે બહાર એક બીજાપર નિધા કરતી રહેલીછે, અને એ ક્રિયા જારી રાખવાથી બરણીની અંદર અને બહાર ચોંટાડેલા વરખોમાં વિરૂદ્ધ વિદ્યુતોનો મોટો જથ્થો એકઠો કરી શકીએ.

બરણીની એ બે વિદ્યુતોને કાઢી લેવી હોય તો બાજુપરની આકૃતિમાં પાડેલા આકારના ચીપીઆ વતી કાઢી શકાય. એના કાચના હાથા વડે તેને પકડવો, અને તેના એક અંગુઠાને બરણીના વરખને અડકાડવો, અને તેના બીજાને બરણીની અંદરના વરખને લાગેલા દાંડાના ગુંડાની પાસે હળવે હળવે લાવવો. બે ગુંડા સમીપ આવતાં વારને તેજસ્વી તણખો દેખાય છે અને તેની જોડે ધડાકો થાયછે. એમ બરણીની વિદ્યુતો નીકળી જાયછે. જો આપણને


આકૃતિ ૪૪ મી.

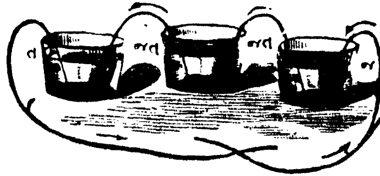
પોતાને ધક્કો લાગે તેમ કરવું હોય તો આપણે પોતાનો એક હાથ બરણીના બહારના વરખને લગાડવો, અને અંદરના વરખના લાગેલા દાંડાના ગુંડાની નજીક બીજો હાથ આણવો. આપણા અંગની વાટે વિદ્યુતો નીકળી જશે. અથવા ઘણાને તે લાગે તેમ કરવું હોય તો તેમણે સર્વે એક એકના હાથ ઝાલ્યા પછી એક છેડાપરના માણસે પોતાનો બીજો હાથ બરણીના બહારના વરખને લગાડવો અને બીજા છેડા પરના આદમીએ પોતાનો બીજો હાથ બરણીના અંદરના વરખને લાગેલા દાંડાના ગુંડાને અડાડવો એટલે ધક્કો બધામાં થઇને જશે.

૮૯. **विद्युन्मय पदार्थोनुं शक्तिवानपणुं.**—કહેવામાં આવ્યુંછે તે પરથી તમારી ખાતરી થઇ શકે કે જેમાં શક્તિ છે એવી કોઇ વસ્તુ વિદ્યુત છે. તમે જુઓછો કે બરણીની બે વિરૂદ્ધ વિદ્યુતો ધશી આવી મળી જાયછે. અને મળી જવાની જોડે ચમકારો અને ધડાકો થાયછે. એ ચમકારો રહેછે તેટલા વખત સુધી ઘણો તેજસ્વી છે: અને તે એક સેકંડના ચોવીશ હજારમા ભાગથી વધારે વખત રહેતો નથી, તથાપિ તે કેટલીક ઉષ્ણતાનું અનુમાન કરાવેછે. ઉષ્ણતા એ શક્તિ છે, અને એમ આપણે જોઇએ છીએ કે બરણીને ખાલી કરવામાં આવેછે ત્યારે જે જાતની શક્તિને આપણે વિદ્યુત કહીએ છીએ તે બદલાઇને જે બીજા રૂપની શક્તિને ઉષ્ણતા અને પ્રકાશ કહીએ તે રૂપ ધારણ કરેછે.

વળી, વિદ્યુત એ શક્તિવાન વસ્તુ છે તેથી તેને ઉત્પન્ન કરવાને મહેનત પડેછે, કે કામ કરવું પડેછે; વિદ્યુત યંત્રને એ મહેનત કે કામ કરવાથી ફેરવીએ છીએ, પણ વિદ્યુતને લીધે વિશેષ કરીને તેને ફેરવવો કઠણ પડેછે. એમ તમે જુઓછો કે **કશું કર્યા વિના કશું મળે નહિ**; જો તમારે શક્તિવાન કામ કરનાર જોઇએ તો તે મેળવવાને તમારે મહેનત કે કામ કરવાની જરૂર છે. જ્યારે બે વિદ્યુતોનો સંયોગ થાય છે ત્યારે શક્તિ અંતર્ધાન ન થતાં માત્ર વિદ્યુત રૂપ બદલાઇને ઉષ્ણતાનું રૂપ ધારણ કરેછે.

**૮૬. विद्युत प्रवाहो.**—તમે જોયું કે જ્યારે અણીઆળા વાહકને ચાલતા વિદ્યુત યંત્ર આગળ ધરવામાં આવેછે ત્યારે (કલમ ૮૨ મી) વિદ્યુત્નો સતત વહેળો કે પ્રવાહ ચાલેછે, અને તે અણીમાં થઈ તમારા શરીર વાટે ભૂમિમાં ઉતરી જાયછે.

પરંતુ જબરા વિદ્યુત પ્રવાહો મેળવવાને વિદ્યુત યંત્રથી વધારે સારૂં સાધન આપણી કને છે. એ સાધનનું નામ **બાટરી** છે. પ્રથમ આપણે એનું ટૂંકું વર્ણન કરીશું. **વાલ્ટા** નામે **ઈટાલી** દેશના વતનીએ તેને શોધી કાઢી માટે તેના નામપરથી તેને **વાલ્ટેઈક બાટરી** કહેવામાં આવેછે. નીચલા ચિત્રમાં એ બાટરીની ગોઠવણ દર્શાવીછે. એમાં ત્રણ પ્યાલાં છે તેમાંનું ડાબા હાથ ભણી પહેલું પ્યાલું છે તેમાં ડાબી મેર त અક્ષરવાળું પત્રું છે તે ત્રાંબાનું અને જમણી ગમ ज અક્ષરવાળું પત્રું છે તે જસતનું છે. એ જસતના પત્રાને તાર વળગાડેલોછે, અને તે તારનો બીજો છેડો વચલા પ્યાલામાં ડાબે હાથે त અક્ષરવાળું એટલે ત્રાંબાનું પત્રું છે તેની જોડે સાંધેલોછે. એ વચલા પ્યાલામાં જમણી બાજૂએ ज અક્ષરવાળું જસતનું




આકૃતિ ૪૫ મી.

પત્રું છે તે એજ પ્રમાણે ત્રીજા પ્યાલામાં ડાબે હાથે त ત્રાંબાનું પત્રું છે તેની સાથે તારથી જોડેલું છે. એ ત્રીજા પ્યાલામાં જમણે પડએ ज જસતનું પત્રું છે. હવે ધારો કે એ ત્રણે પ્યાલામાં જળ મિશ્રણ ગંધકનો તેજાબ ભરેલોછે, અને આપણે ડાબા હાથ ભણીના પ્યાલામાંના ત્રાંબાના પત્રાને તાર જોડીએ, અને જમણી મેરના જસતના

પત્રાને પણ તાર જોડીએ, અને તે બે તારોના બીજા છેડાઓને ચિત્રમાં છે તેમ જોડીએ. (એ તારોને બાટરીના પોલવાયરો એટલે ધ્રુવતારો કહેવામાં આવેછે.) હવે માલૂમ પડશે કે પોઝિટિવ વિદ્યુતનો પ્રવાહ ચિત્રમાં તીરના ફણીઆની દિશામાં ભ્રમણ કરેછે. તે ક્યાંથી નીકળીને ક્યાં જાયછે તેનું પગલું કાઢીએ. ડાબા હાથ ભણીના પ્યાલામાં ત્રાંબાનું પત્રું છે તેમાંથી તે ઉત્પન્ન થાયછે, અને આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે લાંબા તારમાં વહી જમણા પડખાના પ્યાલાના જસતના પત્રામાં પ્રવેશ કરેછે, ત્યાંથી પ્રવાહીની વાટે જઈ તે પ્યાલાના ત્રાંબાના પત્રામાં પેસેછે. તે પત્રામાંથી તારમાં થઈ વચલા પ્યાલાના જસતના પત્રામાં જાયછે અને તેમાં પ્રવાહીમાં થઈ તેમાંના ત્રાંબાના પત્રામાં સંચરેછે, અને તેમાંથઈને તે ડાબી મેરના પ્યાલાના જસતના પત્રામાં જાયછે, અને ત્યાંથી તે પ્યાલાના પ્રવાહીમાં થઈને પ્રથમ જે ત્રાંબાના પત્રામાંથી તે નીકળ્યો હતો તેમાં પ્રવેશ કરેછે.

૮૭. **ગ્રોવ બાટરી.**—ઉપર વર્ણવેલી ગોઠવણ **વાલ્ટા**ની કરેલી હતી. પણ તેના સમય પછી વિદ્યુત પ્રવાહ મેળવવાની યુક્તિમાં ઘણા સુધારા કરવામાં આવ્યાછે.

એવું માલૂમ પડ્યું કે **વાલ્ટા**ની ગોઠવણથી આરંભમાં પ્રવાહ બળવાન હોઈ થોડા વખતમાં નબળો પડી જતો; પણ બીજી ગોઠવણ કરવામાં આવીછે તેવડે વિદ્યુત પ્રવાહ એક સરખા બળનો જારી રાખી શકાય છે. જે બાટરીવડે એમ કરી શકાય છે તેને સતત બાટરી કહેવામાં આવેછે, અને જે એવી સર્વોત્તમ બાટરીઓ છે તેઓમાંની એક **ગ્રોવ** નામે વિદ્વાને બનાવીછે (આકૃતિ ૪૮ મી જુઓ). એ બાટરીમાં બેવડાં પ્યાલાં છે, બહારનું પ્યાલું કાચનું અને તેની અંદર માટીનું સચ્છિદ્ર પ્યાલું હોય છે. બહારના કાચના (કે પત્થરના) પવાલાનો કેટલોક ભાગ જળ મિશ્ર ગંધકના તેજાબથી ભરવામાં આવેછે, અને તેની માંહે બહારને પાસે એમાલગમ

લગાડેલું જસતનું પત્રું આકૃતિમાં છે તેમ મૂકેલું હોયછે. એ કાચના પ્યાલામાં બીજું છિદ્રાળુ પ્યાલું હોય છે. તે લઓટચા (કે ઢોળ ચડાવ્યા ) વિનાના પોર્સલેનનું હોયછે. એ છિદ્રાળુ પવાલામાં સુરાખારનો જલદ તેજાબ (નાઇટ્રિક આસિડ) રેડવામાં આવેછે, અને તે તેજાબમાં પ્લાટિનમનું પાતળું પત્રું મૂકવામાં આવેછે. વાલ્ટાની ગોઠવણમાં ત્રાંબાનું પત્રું છે તેને ઠામે એ પ્લાટિનમનું પત્રું છે.

હવે જ્યારે એ બાટરીમાં ક્રિયા ચાલવા માંડેછે ત્યારે જળ મિશ્ર ગંધકના તેજાબથી જસદ ઓગળેછે, અને તેમ થવામાં હાઇડ્રોજન ગ્યાસ છૂટો પડેછે. પણ એ હાઇડ્રોજન ગ્યાસ પરપોટાનેરૂપે ઉપર ન આવતાં જે છિદ્રાળુ પાત્રમાં જલદ નાઇટ્રિક આસિડ છે તે પાત્રમાં જાય છે. ત્યાંજ તેમાંના નાઇટ્રિક આસિડનું પૃથક્કરણ કરી તેમાંના ઑક્સિજનને પોતે લેઇ લેછે તેથી પાણી બનેછે (હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન મળીને પાણી બનેછે,) અને તેણે કરીને નાઇટ્રિક આસિડનો નાઇટ્રસ આસિડ બનેછે, અને નારંગીના રંગના જલદ બાફને રૂપે તે દેખાવ દે છે. પ્લાટિનમ પત્રાપર એમ એ હાઇડ્રોજન પહોંચતો નથી: તેને પહોંચતો અટકાવવાનેજ એ ગોઠવણ કરીછે, કેમકે **વાલ્ટાની** મૂળની બાટરીમાં જસત ઓગળવાની જોડે હાઇડ્રોજન છૂટો પડતો હતો તે ત્રાંબાના પત્રાને વળગતો હતો અને તેનું પરિણામ એ થતું હતું કે બાટરી મસ નબળી પડી જતી હતી.

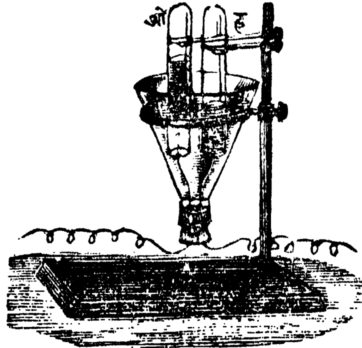
હવણા આપણે **ગ્રોવ** બાટરીનું માત્ર એક પવાલું કે પાત્ર વર્ણવ્યું. ઇંગ્રેજીમાં એને સેલ કહેવામાં આવેછે. એ પ્રકારની મોટી બાટરીમાં એવાં ૫૦ કે ૧૦૦ સેલ હોયછે. ૪૫ મી આકૃતિમાં જે પ્રમાણે છે તેજ પ્રમાણે એક સેલના પ્લાટિનમને તાર લગાડેલોછે તે બીજા સેલના જસતને સાંધેલોછે, અને ફેર એટલોજ કે ત્રાંબાને સ્થળે પ્લાટિનમ છે, અને એક પાત્રને ઠામે ઉપર કહ્યું તેવું બેવડું પાત્ર છે. **વાલ્ટાની**

ગોઠવણમાં જેમ પોઝિટિવ પ્રવાહ જસતમાંથી પ્રવાહીમાં થઇ ત્રાંબાના પત્રામાં જતો તેમજ આમાં (ગ્રોવ બાટરીમાં) પ્રવાહીની વાટે પ્લાટિનમ પત્રામાં જાયછે.

**८८. ए प्रवाहना गुणो.**—વિદ્યુત્ પ્રવાહ શું કરી શકેછે તે હવે આપણે જોઇએ; અર્થાત્ આપણે થોડાક સાદા પ્રયોગો કરીએ.

**प्रयोग ६२ मो.**—ગ્રોવ બાટરીને ચાલતી કરો અને તેના બે પોલ વાયરોની વચ્ચે પ્લાટિનમનો પાતળો તાર દાખલ કરો; તારોના છેડા જોડાશે અને પ્રવાહ ચાલશે એટલે પ્લાટિનમનો ઝીણો તાર તેથી લાલ થયેલો જણાશે.

**प्रयोग ६३ मो.**—ગ્રોવની બાટરીને ચાલતી કરો, અને ૪૯ મી આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે તેમ પાણી ભરેલા બે ઊંધા મૂકેલા નળામાં તેના બે પોલ વાયરોને ઘાલો. એ બે તારોની વાટે

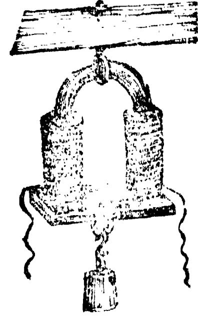



આકૃતિ ૪૯ મી.

આવતો વિદ્યુત્પ્રવાહ પાણીનું પૃથક્કરણ કરશે, અને એક નળામાં ઑક્સિજન અને બીજામાં હાઇડ્રોજન જણાશે. પ્લાટિનમના પત્રાને જોડેલો તાર જે નળામાં હશે તેમાં ઑક્સિજન માલૂમ પડશે અને જસત સાથે જોડેલો તાર જે નળામાં હશે તેમાં હાઇડ્રોજન માલૂમ પડશે. એમ તમે જુ-

એાછેા કે એ બાટરીમાં પાણીનું પૃથક્કરણ કરવાની શક્તિ છે. બીજા ઘણાક પ્રવાહીઓનું પૃથક્કરણ કરવાની શક્તિ એનામાં છે.

**प्रयोग ६४ मो.**—આ પ્રયેાગમાં આપણી પાસે ઘેાડાના નાળની પેઠે વાળેલેા લેાઢાનેા સળીઓ છે, અને તેના બંને હાથાના ઉપર ત્રાંબાના તાર વીંટેલાછે. એ તારમાંથી વિદ્યુત જતી રહે નહિ માટે તે ઉપર દેારી લપેટેલી છે; એ તારના બે છેડાની સાથે બાટરીના પેાલને જોડીએ. હવે બાટરીને ચાલતી કરવાથી માલુમ પડશે કે તારથી વીંટેલા લેાઢામાં બીજા લેાઢાને આકર્ષવાની શક્તિ આવીછે, અને તેથી કરીને આકૃતિમાં બતાવ્યુંછે તેમ લેાઢાના જાડા પત્રાને તેની જોડે લટકાવેલા



આકૃતિ ૪૧ મી.

ભારે વજન સહિત તે પકડી રાખી શકેછે. પરંતુ એ નાળ અને બાટરીનું સાંધણ તેાડતાં વારને એ શક્તિ નાળમાંથી જતી રહેછે, અને જે ભારે લેાઢાને તેણે ઝાલી રાખ્યું હતું તે તુર્ત તેનાથી છુટું પડી નીચે પડેછે.

**प्रयोग ६५ मो.**—કઠણ ગજવેલનેા કકડેા લેા. ગુંથવાની સેાય લેશું તેા ચાલશે. ઉપર કહેલા નાળને બાટરીના બે પેાલને જોડવાથી તેમાં વિદ્યુત પ્રવાહ ચાલેછે તે વારે એ સેાયને તેનાં બે હાથાને લગાડેા. સેાય તેને ચેાંટી જશે, અને તેનામાં કેટલાક ગુણેા આવશે. વિદ્યુત પ્રવાહને નાળથી છુટેા પાડ્યા પછી પણ તે ગુણેા તેનામાં રહેછે. ઉપલા ૬૪ મા પ્રયેાગમાં નરમ લેાઢાના પત્રામાં જે ગુણ આવ્યેા હતેા તે વિદ્યુત્ પ્રવાહનેા સંબંધ તૂટ્યાની જોડે જતેા રહ્યેા હતેા તેમ આ સેાયને થશે નહિ. ઉદાહરણ, એ સેાયને મધ્ય ભાગે હીરની પાતળી દેારીનેા એક છેડેા બાંધી તેનેા બીજો છેડેા ઝાલી

લટકાવીએ તો તે સદા ઉત્તર દક્ષિણ દિશામાં રહેશે. વસ્તુતઃ તે હોકાયંત્રની સોય બની હમેશ એજ દિશા દર્શાવશે અને તેવડે વહાણવટીઓને સમુદ્રપર પોતાનાં વહાણોને ખરે માર્ગે હંકારવાને શક્તિમાન કરશે. જે કઠણ ગજવેલમાં આ ગુણો હોય છે તેનું નામ **લોહચુંબક** છે. (ઈંગ્રેજીમાં તેને **માગનેટ** કહેછે ).

**प्रयोग ६६ मो.**—લોહચુંબક ગુણવાળા સોયાને એક સાલ ઉપર આડો મુકીએ. એ સાલ તેના મધ્યબિંદુને ટેકવે એમ મુકીએ તો તે લગભગ ઉત્તર દક્ષિણ દિશા દેખાડશે. પણ વિદ્યુત્ પ્રવાહ જેનામાં ફરેછે તેવો તાર તેની સોડે આણીએ તો જણાશે કે એ સોયો ઉત્તર દક્ષિણ દિશામાં ન રહેતાં એ વિદ્યુત પ્રવાહવાળા તાર જોડે કાટખૂણો થાય તેમ રહેશે.

હવે વિદ્યુત પ્રવાહને તોડીએ તો સોયો પોતાની **અસલ** દિશામાં પાછો જઈ રહેશે.

**प्रयोग ६७ मो.**—નીચેની આકૃતિમાં દેખાડેલી ગોઠવણ કરી ઉપલા પ્રયોગને કાંઈ વિશેષ પ્રદર્શિત કરીએ. ધારો કે એરડાને એક છેડે આપણી બાટરી છે, અને દોરી લપેટેલા બે તાર તે બાટરીના બે પોલને વળગાડેલા છે. તેઓના બીજા બે છેડા ઓરડાના છેક બીજા છેડાપર આણેલા છે, તથા ત્યાં તેઓને જોડ્યા છે તેથી હવે બાટરીની ક્રિયા ચાલેછે. વળી બાટરીથી છેક વેગળેના ભાગમાં લોહચુંબક સોય લટકાવેલી છે અને તારની સમીપ રાખીછે. બે તારના છેડા જોડ્યાથી વિદ્યુતપ્રવાહ ચાલશે એટલે જોરથી તે સોય પોતાની દિશા બદલશે. હવે ઓરડાને સામે છેડે બાટરી છે તેના એક પોલથી કોઈ આદમી તારને છુટો પાડશે કે તેજ ક્ષણે વિદ્યુત પ્રવાહ અટકશે અને લોહચુંબક સોય પોતાની હમેશાની દિશામાં જઈ રહેશે.

**૮૧. इलेक्ट्रिक टेलिग्राफ.**—એ ઉપરથી જણાય છે કે ઓરડાને એક છેડે બાટરી છે તેની જોડેના તારનો સંબંધ

તોડવાથી (એટલે તારને તેથી છૂટો પાડવાથી) આરડાને બીજે છેડે સોય છે તે તેજ ક્ષણે ચળેછે. બાટરીના પોલની સાથે જોડેલા તારના બીજા બે છેડાને ભેગા કર્યાની પૂર્વે ૧૦૦ માઇલ કે ૧૦૦૦ માઇલ વેગળે લેઈ જઇએ તોએ એજ પ્રમાણે બને. વિદ્યુત પ્રવાહને વહન કરનાર તાર જે બાટરીને લાગેલો તે તે બાટરીથી ૧૦૦૦ માઇલને છેટે હોય તોએ તેની બાજૂએ લોહચુંબક સોય આણવાથી તે સોય પોતાના સ્થળેથી ચળશે અને તે તારનો બીજો છેડો બાટરીના પોલને એક હજાર માઇલને અંતરે જોડાયલો હોય તોપણ તેને તે પોલથી છૂટો પાડતાં વારને વિદ્યુત પ્રવાહ ચાલતો હોય તે બંધ પડી જવાનો અને સોય પોતાની હમેશાની જગ્યાએ જવાની. એ પરથી જણાયછે કે બાટરીના પોલની જોડે તારનો સ્પર્શ કરવાથી અને તોડવાથી એક હજાર માઇલ દૂર રહેલી લોહચુંબક સોયને ચલિત કરી શકાય.

વાસ્તવિક કહેતાં આ **ઇલેક્ટ્રિક ટેલિગ્રાફ** એટલે તારથી સંદેશા પહોંચાડવાનો ચમત્કારિક યંત્ર ચાલેછે તેનું મુળ આ છે. **અમેરિકા**માં કે **યુરોપ**માં શું બને છે તે જણાવનાર શક્તિ આ છે. આ વિષયનો પૂરતો વિસ્તાર હું અહીં કરી શકતો નથી, તથાપિ તમે એટલું તો જોયું કે ૧૦૦૦ માઇલને અંતરે રહેલી સોયને ચલિત કરી શકાય તેમ છે, અને જેમ બહેરાં અને મુંગાં માણસોને માટે કરેલા મુળાક્ષરો છે તેમ એ સંજ્ઞાઓ-થી ખબર આપી શકાય તેવું છે.

૧૦. **સમાપ્તિ**—વિદ્યુત્ પ્રવાહ શું કરી શકેછે તેનું જ્ઞાન હવે તમને થયું. પાતળા તારમાં થઇને જતાં તે તેને તપાવેછે, એ તમે પહેલું જોયું; બીજું તમે એ જાણ્યું કે તે પાણીનું તથા બીજાં મિશ્રણોનું પૃથક્કરણ કરેછે; ૩ જું તમે શીખ્યા કે નરમ લોઢાને તે જોરાવર લોહચુંબક બનાવેછે, પણ વિદ્યુત્ પ્રવાહ તેમાં ફરતો બંધ થવાથી તે ગુણ તેમાંથી જતો રહેછે; ૪ થું, કઠણ ગજવેલને તે સ્થાયી લોહચુંબક કરેછે; પાંચમું અને

છેલ્લું તમે એ જાણ્યું કે તે હોકાયંત્રની સોયને વિચલ કરેછે અને તે વડે ઘણે વેગળે સુધી તાર મોકલી શકાયછે.

આ ઘણા મનોરંજક અને ઉપયોગી વિષયનો અહીં વિસ્તાર કરી શકતા નથી, પરંતુ સમાપ્તિમાં હું તમને યાદ દેવડાવુંછું કે તમને હવે દ્રવ્યની કાર્યકારક પ્રકૃતિ વિષે કેટલુંક જ્ઞાન થયું. સૌથી પહેલું ગતિમાન પદાર્થો વિષે, પછી ધ્રુજતા પદાર્થો સંબંધી, પછી તપેલા પદાર્થો વિષે, અને છેલ્લે વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલા કે વિદ્યુત ભરેલા પદાર્થો વિષે તમને કહેવામાં આવ્યું; અને એ બધા વિષયો સંબંધી શીખવવામાં એવું જણાવવાનો યત્ન કરવામાં આવ્યોછે કે પદાર્થમાં જે કાર્યકારક શક્તિ હોય તે કદી વાસ્તવિક ગુમ થતી નથી કે નાશ પામતી નથી. બેશક તે કોઈ બીજા પદાર્થમાં જાય, કે તે પોતાનું રૂપ બદલે, દૃષ્ટિગોચર શક્તિ ટળી તે નાદ (અવાજ) બને, કે ઉષ્ણતા બને, કે વિદ્યુત થાય, કે ભિન્ન ભિન્ન પ્રકારે રૂપાન્તર થાય, પરંતુ દ્રવ્યના એકે કણનો નાશ થતો નથી તેમ તેનો પણ થતો નથી.

દ્રવ્યો ફક્ત રૂપ બદલેછે, એક મિશ્રણમાંથી છૂટા પડી બીજામાં ભળેછે એ મૂળ નિયમપર જેમ રસાયન વિદ્યા રચાયલી છે, તેમ કાર્યકારક શક્તિ માત્ર રૂપ બદલેછે અને બિલકુલ નાશ કદી પામતી નથી એ મૂળ નિયમ પદાર્થવિજ્ઞાનનો પાયો છે. આજ બીજરૂપ નિયમ છે. એનો પૂર્ણ વિસ્તાર બીજે યોગ્ય પ્રસંગે કરવામાં આવશે.

---

## સ્મરણમાં રાખવાની બાબતો.

ચાળીસ તોલાના એક પાઉન્ડ (શેર) ની બરોબર સાત હજાર ગ્રેન છે.

હાથમાંથી પથ્થરને પડવા દઈએ તો તે પહેલા સેકંડ કાળમાં સોળ ફુટ પડેછે.

ધાતુઓમાં સર્વથી મજબૂત ગજવેલ છે, પણ ટીપવાથી પ્રસરણ પામવાનો ગુણ સઘળી ધાતુઓ કરતાં સોનામાં વધારે છે; ૫૦ ફુટ લાંબા અને ૪૦ ફુટ પહોળા ઓરડાની બધી ભોંયપર પથરાઈ રહે એવું પત્રું એક ઘન ઇંચ સોનાને ટીપવાથી કરી શકાય છે.

ઘન પદાર્થોમાં સર્વથી કઠણ હીરો છે; અર્થાત તેવડે તમામ વસ્તુઓપર ઘસરકો પાડી શકાયછે, પણ તેના ઉપર કોઈ વસ્તુથી ઘસરકો પાડી શકાતો નથી.

એક ઘન ઇંચ પાણીનો ભાર લગભગ ૨૫૨ ગ્રેન જેટલો છે અને તેમાટે ચાર ઘન ઇંચ પાણીનું વજન લગભગ ૧૦૦૦ ગ્રેન છે.

૧૦૦ ઘન ઇંચ વા (હવા)નું વજન ૩૧ ગ્રેન છે.

૧૦૦ ઘન ઇંચ કાર્બોનિક આસિડનું વજન ૪૭ ગ્રેન છે.

૧૦૦ ઘન ઇંચ હાઈડ્રોજનનું વજન માત્ર બે ગ્રેન છે.

વાતાવરણનું દબાણ બળ પારાના ૩૦ ઇંચ ઊંચા સ્તંભને અને પાણીના ૩૦ ફુટ ઊંચા સ્તંભને ટેકવી શકેછે.

વામાં (હવામાં) નાદ (કે અવાજ) નો વેગ એક સેકંડ કાળમાં ૧૧૦૦ ફુટ છે.

કોઈ વાદિત્રની દોરી (કે તાર) એક સેકંડ કાળમાં ૫૦ વખત ધ્રુજે તો તેથી ઊંડો નીચો સુર થાયછે; એક સેકંડ કાળમાં તે ૧૦,૦૦૦ વખત ધ્રુજે તો તેથી તીણો ઊંચો સુર થાયછે.

એક પાઉંડ બરફને ઓગાળવાને જેટલી ગરમી જોઈએ તેટલીથી ૭૯ પાઉંડ પાણી એક અંશ ઊનું થાયછે. એક પાઉંડ ઉકળતા પાણીને ઉકળતું રાખી તેની વરાળ કરી દેતાં જેટલી ઉષ્ણતા જોઈએ તેટલીથી ૫૩૭ પાઉંડ પાણીમાં એક અંશ ગરમી આવેછે.

એક સેકંડ કાળમાં અજવાળું લગભગ ૧,૯૦,૦૦૦ માઈલ જઈ શકેછે.

લેડન જારમાંનો તનખો એક સેકંડ કાળના ચોવીસ હજારમા ભાગ સુધી માત્ર રહેછે.

## यंत्रो वापरवा संबंधी सूचनाओ.

પાઠ ચલાવવા માંડ્યાની અગાઉ ટેબલ ઉપર યંત્રો મૂકવા અને ભિન્ન ભિન્ન પ્રયોગો કરવાના હોય તે પોતે સહેલથી કરી શકેછે એવી પોતાની ખાત્રી શિક્ષકે અગાઉથી કરવી. પાઠ પૂરો થયે યંત્રોને તેઓની યોગ્ય જગાએ સંભાળથી મૂકવા.

એરપંપનું પિસ્ટન તેના સિલિન્ડરમાં ખૂબ બેસતું રહે તેમ કરવાને લાર્ડ લગાડવાની સંભાળ લેવી. બેડ પ્લેટ ઉપર રીસીવર પણ સપ્પટ બેસે તેમ કરવું, અને તેમ થાય માટે તેને મસ લાર્ડ લગાડવાની જરૂર છે. એમ કરવામાં આવ્યું હોય તો રીસીવર તેના બેડ પ્લેટ ઉપર સરળપણે અને અવાજ કર્યા વિના ફરી શકવો જોઈએ; પણ જો કાંઈ ઘસાતું હોય તેવો અવાજ થાય તો જાણવું કે કોઈ કઠણ વસ્તુ નડેછે. એ વસ્તુને કાઢી નાંખવાને રીસીવરના તળીઆને સંભાળી લુંછીને સાફ કરવું અને લાર્ડ ફરીને લગાડવું. પંદરમી આકૃતિમાં અર્ધ ગોળા છે તેઓને પણ આ લાગુ પડેછે.

૨૮ મા પ્રયોગમાં ડબ્બાને કાર્બોનિક આસિડ ગ્યાસથી ભરવાને ગ્યાસ લેઈ જનારી નળીને ડબ્બાના તળીઆની છેક નજીક ઉતારવી પણ તળીએ અડવા દેવી નહિ.

૨૯ મા પ્રયોગમાં ડબ્બાને હાઇડ્રોજન ગ્યાસથી ભરવાને ઊંધો રાખવાનો છે એટલે તળીયું ઉપર રહે તેમ રાખવાનો છે. ગ્યાસ લઈ જનારી નળીને તે તળીઆની લગભગ થડમાં ચઢાવવી.

૪૫ મો પ્રયોગ કરવા માંડ્યા પહેલાં કેટલાક કલાક અગાઉ એ પ્રયોગના કામમાં લેવાના તમામ યંત્રને ઠંડા ઓરડામાં રાખવા.

ફૉસ્ફરસ વાપરવામાં ઘણી સંભાળ લેવાની જરૂર છે, કેમકે તે સહજ સળગી ઊઠે છે. એને પાણીમાં રાખી મૂકવું અને ખપ પડે ત્યારે તેમાંથી કકડો કાપી તે કકડાને બ્લાટિંગ પેપરથી સારી પેઠે સૂકો કરવો.

પારો ઝાંખો પડી જાય ત્યારે કાગળના કકડાની ગરણી બનાવી તેની અણીમાં ટાંકણીના માથા જેવડું કાણું રાખી તેની હેઠે કાચકે ચીની વાસણ રાખવું. એ ગરણીમાં આસ્તે આસ્તે પારો રેડી નીચેના વાસણમાં તે કાણા વાટે ગળવા દેવો. એમ કરેથી તે પાછો ચકચકિત થશે.

બીજી ધાતુનો સ્પર્શ થઈ પારો બિગડે નહિ તેવી સંભાળ લેવી. બાટરીમાં લગાડવાને સારૂ થોડો પારો જુદો રાખવો.

વિદ્યુત યંત્ર (ઇલેક્ટ્રિક મશીન) ને ચલાવવા માંડ્યાની પૂર્વે તેના કાચને સારી પેઠે ઊનો કરવો. એ માટે તેને તેની કોરની બાજુથી દેવતા આગળ રાખવો, અને વખતે વખતે તેનો હાથો ફેરવવો; એમ કરેથી તે કાચના બધા ભાગને તાપ લાગશે. આ શીખામણ ધ્યાનમાં રાખવામાં નહિ આવે તો કાચમાં તડ પડવાનો સંભવ છે.

ઇલેક્ટ્રોસ્કોપમાં ઘણી વિદ્યુત્ ભરવી નહિ. ઘણી ભરેથી સોનાના વરખો બરણીની બાજુઓ તરફ ધકેલાઇ ફાટી જશે. ઇલેક્ટ્રોસ્કોપમાં વિદ્યુત ભરવાને મશીનમાંથી એક નાનો તણખો લેડન જારમાં મૂકો. પછી ઇલેક્ટ્રોસ્કોપને તેના ગુંડાવતી અડકો. વિદ્યુત્‌ને ઘેરી રાખનારા વાહકના કાચના પાયાને પણ ઊના અને સૂકા રાખવા જોઇએ.

ગ્રોવ બાટરીમાંના જસતને અમાલ્ગમ (રસાયન પ્રથમ પોથી જુવો) મસ લગાડવો. જે જે ધાતુઓ બાટરીને સ્પર્શ કરે છે તેઓનાં સ્પર્શબિંદુઓ પૂરાં ચળકતાં હોવાં જોઇએ.

બહારની સેલોમાં માપાથી એક ભાગ જલદ ગંધકનો તેજાબ અને આઠ ભાગ પાણી ભરવું (એટલે એક માપું તેજાબ તો આઠ માપાં પાણી).

ગ્રોવ બાટરીમાંના છિદ્રાળુ સેલોને પ્રયોગને અંતે પાણીમાં મસ બોળવાં; અને તેમજ જસત અને પ્લાટિનમનાં પત્રાંને પણ સારી પેઠે સ્વચ્છ કરવાં.

૬૬. આ પ્રયોગમાં જે બે નાનાં પીતળનાં પવાલાંમાં બાટરીના તારોના છેડાને બોળવાના છે તેઓમાં પારો ભરવાની જરૂર છે.

# પ્રશ્નો.

## પ્રસ્તાવના.

**૧. પદાર્થ વિજ્ઞાનની વ્યાખ્યા.**—૧. બે જુદી જુદી જાતની વસ્તુઓનું ઉદાહરણ આપો.

૨. બે ભિન્ન પ્રકારના **સ્વભાવ** કે **પ્રકૃતિનું** ઉદાહરણ આપો.

**૨. ગતિની વ્યાખ્યા.**—૧. ગતિ સમજ્યા પહેલાં બે વાત જાણવી જોઇએ તેઓ કઇ છે તે કહો.

૨. એક માણસ એક સરખે ડગલે સવા બે કલાકમાં આઠ માઇલ હીંડે છે અને બીજો માણસ એક કલાકમાં ચાર માઇલ ચાલેછે તો વધારે ઉતાવળો ચાલનાર કોણ?

૩. જો કોઇ માણસ અઢી કલાકમાં દશ માઇલ હીંડે તો તેનો હીંડવાનો દર કેટલો? તોપનો ગોળો પા સેકંડમાં ૬૬૦૦ ફુટ જાયછે તો તેની ગતિનો દર કેટલો?

**૩. બળની વ્યાખ્યા**—૧. બળ કોને કહેવું?

૨. જે પદાર્થ સ્થિર હોય તેને ગતિ આપે એવા પ્રયોગ વડે બળનું ઉદાહરણ આપો.

૩. ગતિવાળા પદાર્થને થોભાવનાર પ્રયોગ વડે બળનું ઉદાહરણ આપો.

૪. કોઇ બળની કૃતિ બીજું કોઇ બળ અટકાવેછે એવું પ્રયોગવાળું ઉદાહરણ આપો.

### સૃષ્ટિ (કુદરત) નાં મુખ્ય બળો. પાનું ૭.

**૧. ગુરૂત્વની વ્યાખ્યા.**—૧. વસ્તુઓમાં ભાર છે તેનું કારણ શું?

૨. ધારો કે તમે પૃથ્વીના માંહેના ભાગનો (ઉપરનો પોપડો ઊભા રહેવાને રાખી) નાશ કરી શકોછો; એમ કરેથી સીસાના ગઠ્ઠાના ભારમાં કાંઇ ફેર પડશે?

૩. ધારો કે તમારી નીચે પૃથ્વી ન હોય એવા અવકાશમાં (ખાલી જગામાં) તમારા હાથમાં એક પાઉંડ (શેર) સીસું છે, તો તે સીસામાં ભાર હશે કે નહિ ?

**૨. અવલંબાકર્ષણની વ્યાખ્યા.**—૧. અવલંબાકર્ષણનું એક ઉદાહરણ આપો.

૨. ગુરૂત્વ અને અવલંબાકર્ષણની વચ્ચે મોટામાં મોટો લાક્ષણિક ભેદ શો છે? ઉદાહરણ વડે તમારા ઉત્તરનો પ્રકાશ કરો.

**૩. રસાયની આકર્ષણની વ્યાખ્યા.**—૧. રસાયની આકર્ષણનો દાખલો આપો.

૨. આ બળનું વિશેષ લક્ષણ શું છે ?

**૪. બળોનો ઉપયોગ.**—ગુરૂત્વ ન હોત તો શું થાત?

૨. અવલંબાકર્ષણ ન હોય તો શું બને ?

૩. રસાયની આકર્ષણ ન હોય તો શું થાય?

**ગુરૂત્વાકર્ષણની કૃતિ શી રીતે થાયછે.**—પાનું ૧૧.

**૧. ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ.**—૧. કોઈ પદાર્થનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ એટલે શું ?

૨. શું પ્રત્યેક વસ્તુને ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ હોયછે ?

૩. પદાર્થને ગતિ કરવાને છૂટ હોય તો તે પોતાના ગુરૂત્વમધ્યબિંદુને કેવી રીતે મૂકશે?

૪. ભારે પદાર્થના અનિયમિત ચપટા પત્રાનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ કાઢવાની વ્યવહારિક રીત કઈ છે ?

૫. જો આપ્યું પત્રું એક સપાટીમાં ન હોય તો એ રીત કામમાં લેઈ શકાય તેવી છે કે નહિ? તમારા જવાબનું કારણ કહો.

**૨. કાંટો** (ત્રાજવું).—૧ સાધારણ કાંટાનું ચિત્ર દોરો.

૨. જે બિંદુએ કાંટાને ઝૂલતો રાખ્યોછે તે બિંદુથી ઊંચે કાંટાનું મધ્યબિંદુ કેમ ન હોઈ શકે ?

૩. કાંટાની દાંડીને એક પાસે ખસેડ્યા પછી તે કોઈ મુકરર સ્થળે પાછી શા માટે આવેછે ?

**દ્રવ્યની ત્રણ અવસ્થાઓ.**—પાનું ૧૪.

૧. દ્રવ્યની ત્રણ અવસ્થાઓનાં નામો કહો.

૨. એ ત્રણમાંની કેઈ અવસ્થામાં દ્રવ્યમાં અવલંબાકર્ષણ વધારેમાં વધારે છે ?

૩. પારામાં કાંઈક અવલંબાકર્ષણ છે એવું દર્શાવનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૪. પાણીમાં કાંઈક અવલંબાકર્ષણ છે એવું દેખાડનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૫. ઘનની વ્યાખ્યા કરો.

૬. પ્રવાહીની વ્યાખ્યા કરો.

૭. વાયુ ( ગ્યાસ ) ની વ્યાખ્યા કરો.

**ઘનોના ગુણો**—પાનું ૧૬.

૧. ઘનનો આકાર કે કદ ફેરવવો એ શું **તદન** અશક્યજ છે ?

૨. લોઢાના સળીઆને તોડવાની કે તેનો આકાર બદલવાની ભિન્ન ભિન્ન રીતોનાં નામો દો.

૩. પાટડાને જેટલું વજન લગાડવામાં આવે તેના લગભગ પ્રમાણમાં તે વળેછે એવું દર્શાવનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૪. ૯ મા પ્રયોગમાં દશ પાઉંડ ભાર લગાડવામાં આવ્યોછે તેથી પાટડાનું મધ્યબિંદુ એક અગીઆરાંશ ઇંચ નમ્યું છે, જો અઠ્ઠાવીસ પાઉંડ ભાર લગાડવામાં આવે તો તે મધ્યબિંદુ કેટલું નમે ?

૫. પાટડો એવો મુકવામાં આવે કે તેના પૃષ્ઠ ઉપર ન રહેતાં તેની ઊંડાઈ ઉપર રહે તો તેને વજન લગાડવાથી ઓછો નમે એ સમજાવવાના પ્રયોગને વર્ણવો.

૬. ઘન બાંધણીની **મૂળ સ્થિતિમાં પાછા આવવાની મર્યાદાનો** અર્થ શો ?

૭. ઇમારત બાંધનારે (મિસ્ત્રીએ, ગજ્જરે, કે ઇંજનેરે) ધ્યાનમાં રાખવાની કેઇ બે અવશ્યની બાબતો છે?

૮. એક પ્રયોગવડે ઘર્ષણની વ્યાખ્યા કરો.

૯. ઘર્ષણ ન હોય તો શું થાય?

**પ્રવાહીઓના ગુણો, પાનું ૨૧.**

**૧. કદ અને આકાર કે રૂપ.**—૧. પોતાના વર્ત્તમાન રૂપમાં રહેવાનું જબરૂં વલણ પ્રવાહી દર્શાવેછે કે નહિ?

૨. પોતાના વર્તમાન કદમાં રહેવાનું જબરૂં વલણ પ્રવાહી દર્શાવેછે કે નહિ? પ્રયોગ વડે તમારા ઉત્તરનો પ્રકાશ કરો.

**૨. પ્રવાહીનું દબાણ બીજાને લાગેછે.**—૧. પ્રવાહીનું દબાણ બીજાને લાગે છે એવું દર્શાવનાર પ્રયોગને વર્ણવો.

૨. પ્રવાહીઓનું દબાણ બધી દિશામાં થાયછે એવું દેખાડનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૩. પ્રવાહીઓનો છેલ્લો કહેલો ગુણ કોણે શોધી કાઢ્યો?

૪. પિસ્ટન (ડાટા) ઉપર પ્રવાહીનું દબાણ તે પિસ્ટનના ક્ષેત્રફળ કે પૃષ્ઠના પ્રમાણમાં છે એવું બતાવનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૫. જેની બાજુ બે ઇંચ છે તેવા સમચોરસ ડાટા કે પિસ્ટનના પૃષ્ઠ ઉપર પાણીનું દબાણ દશ પાઉંડ છે તો તેમજ મૂકેલા જે પિસ્ટનની બાજુ ત્રણ ઇંચ છે તેના પૃષ્ઠ ઉપર કેટલું દબાણ થશે?

**૩. જળસંકોચ યંત્ર.**—૧. જળસંકોચ યંત્રનું એટલે પાણીવડે દબાણ કરવાના યંત્રનું વર્ણન કરો અને ચિત્ર કાઢો.

૨. જળસંકોચ યંત્રના મોટા પિસતન (ડાટા) નું ક્ષેત્રફળ તેના નાના પિસ્તનના ક્ષેત્રફળથી એંશી ગણું વધારે છે. નાના પિસ્તન (ડાટા) ને પંદર પાઉંડનું બળ લગાડ્યું છે, તો કેટલા બળથી મોટું પિસ્ટન ઊંચું ચડશે?

૩. જળસંકોચ યંત્રનું નાનું પિસ્ટન જેટલી ત્વરાથી નીચે ઉતરશે તેટલી ત્વરાથી મોટું પિસ્ટન ઊંચે ચડશે કે નહિ?

**૪. પ્રવાહીઓ પોતાની સપાટીઓ શોધી કાઢેછે.**—૧. પારાના અથવા હરકોઈ બીજા પ્રવાહીના છૂટથી રહેલા પૃષ્ઠ ઉપર ગુરૂત્વાકર્ષણની દિશા લંબમાં હોયછે એ દર્શાવનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૨. જળસપાટીનું ચિત્ર કાઢો અને વર્ણન કરો.

**૫. ઊંડા પાણીનું દબાણ.**—૧. પ્રવાહીનું દબાણ તેની ઊંડાઈના પ્રમાણમાં છે અને ઉપલી અને નીચલી બંને મેર થાયછે એ દેખાડનાર પ્રયોગનું ચિત્ર ચિત્રો અને વર્ણન કરો.

૨. કોઈ સરોવરના પૃષ્ઠથી દશ ફુટ ઊંડાઈએ કોઈ વસ્તુનું પૃષ્ઠ છે તેની ઉપર તે ઊંડાઈએ સરોવરના પાણીનું દબાણ છ પાઉંડ છે તો પચીસ ફુટની ઊંડાઈએ તેના ઉપર કેટલું દબાણ થશે?

૩. અમુક આપેલા ઊંડાણમાં સરોવરના કદ પ્રમાણે દબાણ જુદું જુદું હશે કે?

૪. ઊંડા પાણીમાં સીસો ડુબાવી એ દબાણ શી રીતે પ્રદર્શિત કરી શકશો?

**૬. પાણીની તારક શક્તિ.**—૧. પ્રયોગની મદદથી પાણીની તારક શક્તિની વ્યાખ્યા કરો.

૨. કોઈ વસ્તુને પાણીમાં જોખવાથી તે હલકી થયલી દેખાયછે, તથાપિ તેનું વજન **કેવળ જતું રહ્યું નથી** એ પ્રયોગથી દર્શાવો.

૩. કોઈ વસ્તુને પાણીમાં તોળવામાં આવેછે ત્યારે તે વસ્તુના કદના જેટલા પાણીનું જે તોલ હોય તેટલુંજ તે વસ્તુનું તોલ ઘટેછે એ દર્શાવવાનો પ્રયોગ કરો.

૪. લોઢું પાણીમાં ડુબેછે શા માટે?

૫. બૂચ પાણીમાં તરેછે શા માટે?

૬. કોઈ ચીજ પાણીમાં ડુબે એ નહિ અને તરે પણ નહિ એમ ક્યારે (શું હોય તો) બને?

**૭. સાપેક્ષ ઘટત્વ.**—કોઈ પદાર્થનું સાપેક્ષ ઘટત્વ કે **વિશેષગુરૂત્વ** એટલે શું?

૨. સ્વચ્છ સોનાની ઢાળકી હવામાં તોળતાં સત્તાવન ગ્રેન થાયછે, અને પાણીમાં તોળતાં ચોપન ગ્રેન થાયછે તો એનું વિશેષગુરૂત્વ કેટલું છે?

૩. વિશેષગુરૂત્વ નક્કી કરવાની રીતની શોધ કોણે અને કયે પ્રસંગે કરી?

૪. સોનાની એક ઢાળકી વેચનાર કહેછે કે તે ચોખ્ખા સોનાની છે. એને વામાં જોખીએ તો છોતેર ગ્રેન તેનું તોલ થયું, અને પછી પાણીમાં જોખી ત્યારે સીત્તેર ગ્રેન થયું તો એ ચોખ્ખું સોનું ખરૂં કે નહિ? તમારા જવાબનું કારણ કહો.

૫. એક પત્થરને ભાંગી તેના એક કકડાને હવામાં તોળતાં તેનું વજન ૨૦૦ ગ્રેન થયું અને પાણીમાં તોળતાં ૧૫૦ ગ્રેન થયું. તેજ પત્થરના બીજા કકડાનું તોલ હવામાં ૫૬૦ ગ્રેન થાયછે તો તેનું પાણીમાં કેટલું થશે?

**૮. બીજા પ્રવાહીઓની તારક શક્તિ**—૧. તારક શક્તિ ભારે પ્રવાહીમાં વધારે કે હલકા પ્રવાહીમાં?

૨. જે પ્રવાહીમાં લોઢું તરેછે તેનું નામ કહો.

૩. માણસને મીઠા પાણીમાં તરવું સહેલું પડે કે ખારા પાણીમાં?

૪. જેમાં માણસ બૂડે નહિ એવું પાણી ક્યાં છે? તે સ્થળનું નામ શું?

**૯. કેશાકર્ષણ.**—પાણી પોતાની સપાટીથી ઊંચું ચડે એવો એક દાખલો આપો.

૨. જે પદાર્થ વાપરવામાં આવેછે તેના ઉપર પાણીનું આકર્ષણ થવાથી તે ઊંચું ચડેછે એ પ્રયોગથી દેખાડો.

૩. પારાને એ પ્રકારનું આકર્ષણ ક્યો પદાર્થ કરેછે?

## વાયુઓ (ગ્યાસો) ના ગુણો–પાનું ૩૨.

**૧. વાયુનું દબાણ અને ભાર.**—વાયુ અને પ્રવાહીમાં લાક્ષણિક ભેદ શો છે?

૨. પૃથ્વી વાને આકર્ષેછે કે ધકેલી કાઢેછે? તમારા ઉત્તરને પ્રયોગ વડે પ્રદર્શિત કરો.

૩. કેટલાક ગ્યાસો સરખે કદે વાથી (હવાથી) વધારે ભારે છે એ પ્રયોગ વડે દેખાડો.

૪. પ્રયોગથી બતાવો કે સરખે કદે કેટલાક ગ્યાસો વાથી હલકા છે.

૫. જેમ પાણીનો મહાસાગર તેના તળીઆપર દબાણ કરેછે તેમ વાયુનો મહાસાગર પૃથ્વી ઉપર દબાણ કરેછે કે નથી કરતો?

૬. ટેબલ ઉપર કાગળ હોય તે તેના ઉપરના વાના ભારને લીધે ટેબલ ઉપર ખૂબ દબાણ નથી કરતો તેનું કારણ કહો. તમારા ઉત્તરને પ્રયોગથી પ્રદર્શિત કરો.

૭. વામાં તારક શક્તિ છે તે દર્શાવનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

**૨. બેરૉમીટર અને તેના ઉપયોગો.**—૧. બેરૉમીટરનું વર્ણન કરો.

૨. એ યુક્તિ કોણે શોધી કાઢી?

૩. બેરૉમીટરમાં પારાની ઊંચાઈ ઘણુંખરૂં કેટલી હોયછે?

૪. ઊંચા પર્વતના શિખરપર બેરૉમીટરને લેઈ જવામાં આવે તો એ ઊંચાઈ વધે કે ઘટે?

૫. **ટોરિસેલી અવકાશ**નો અર્થ શો?

૬. હવાની હાલત પ્રમાણે પારાના સ્તંભની ઊંચાઈ ઘણું કરીને શી રીતે બદલાયછે?

**૩. એરપંપ**—૧. ડાટો (પિસ્ટન), નળો (સિલિન્ડર), અને વાલ્વ (ઢાંકણું) એ શબ્દોના અર્થ કહો.

૨. એરપંપનું ચિત્ર કાઢો અને તેની કૃતિનું વર્ણન કરો.

૩. એરપંપ ઉપરની હાંડીમાં ૯૦ ઘનઇંચ છે, અને નળામાં ૧૦ ઘનઇંચ છે. ડાટાને (પિસ્ટનને) એક વાર પૂરો ખેંચવાથી હાંડીમાંનો વા કેટલા પ્રમાણમાં બહાર નીકળશે?

**૪. વાટરપંપ (જળપંપ કે પાણીનો બંબો) સાયફન**—

૧. બેરૉમીટર બનાવવામાં પારાને ઠેકાણે પાણી કામમાં લેઇએ તો સ્તંભની ઊંચાઈ વધે કે ઘટે?

૨. જળ બેરૉમીટરમાં સ્તંભની ઊંચાઈ શુમારે કેટલી હોય?

૩. સાધારણ વાટરપંપનું ચિત્ર ચિત્રો અને તેની કૃતિનું બ્યાન કરો.

૪. પાણીના પૃષ્ઠની અને નીચલા વાલ્વની વચ્ચેનું અંતર ૩૦ ફુટથી વધારે હોય તો પંપ ચાલે નહિ તેનું કારણ શું?

૫. એ પંપને ઊંચા પર્વતના શિખર ઉપર કામે લગાડવો હોય તો ૪થા પ્રશ્નમાં અંતર કહ્યુંછે તે શા વાસ્તે ફેરવવું જોઈએ?

૬. પંપને ચલાવવા માંડ્યા પહેલાં કોઈવાર પિસ્ટન ઉપર થોડું પાણી છાંટવું પડેછે, એમ કરવાનો હેતુ શો?

૭. સાયફનનું ચિત્ર દોરો અને તેનો (સાયફનનો) ઉપયોગ શી રીતે કરવો તે સમજાવો.

**ચલિત પદાર્થો,** પાનું ૮૫.

૧. **શકિત અને કામ**—૧ શું શક્તિ કોઈ પદાર્થ છે, ભાવ, વિકારો કે વૃત્તિઓ છે?

૨. કોઈ પદાર્થ શક્તિમાન છે એમ કહેવાનો અર્થ શો?

૩. શક્તિથી ભરપૂર અવસ્થામાં પદાર્થ હોય એવા દાખલા આપો.

૪. શક્તિનું માપ શી રીતે કરવામાં આવેછે?

૫. **કામનો એકમ** શો છે?

૬. ગુરૂત્વાકર્ષણની સામે ૫૦ પાઉંડ ભાર ૧૦ ફુટ ઊંચે ખેંચ્યો તો કેટલું કામ થયું?

૭. તોપનું મુખ ઊભું આકાશ ભણી રાખી તેને છોડી ત્યારે તેમાંથી ૨૦૦ પાઉંડ ભારનો ગોળો ૮૫૦ ફુટ ઊંચો જઈ પાછો ફર્યો તો તે ગોળાની શક્તિ કેટલી?

૨. **ચલિત પદાર્થથી થતું કામ**—૧. એક પાઉંડ ભારે પત્થરને દર સેકંડે ૩૨ ફુટ જાય એટલા વેગથી ઉપલી મેર ફેંક્યો તો તે ૧૬ ફુટ ઊંચો જશે; તેમાં કેટલી શક્તિ હશે?

૨. ઉપર કહેલા વેગથી વજનમાં ચાર પાઉંડ એવા પત્થ-

રને ઊંચે ફેંકીએ તો તે કેટલે ઊંચે જશે અને તેમાં શક્તિ કેટલી હશે ?

૩. ત્રણ પાઉંડ ભારે પત્થરને પ્રતિ સેકંડ ૬૪ ફુટ ( એટલે બેવડા ) વેગથી ઊંચે ફેંક્યો તો કેટલો ઊંચો જશે અને તેનામાં શક્તિ કેટલી હશે ?

૪. દર સેકંડે ૧૦૦૦ ફુટના વેગે છુટેલો તોપનો ગોળો સાગનાં છ પાટીઆંને ભોકી તેઓની અંદર ઘૂસેછે; એવાજ ગોળાને એનાથી બેવડા એટલે દર સેકંડે ૨૦૦૦ ફુટના વેગથી ફેંકીએ તો એવાં કેટલાં પાટીઆં તે ભોકશે ?

૩. **નિવૃત્તિમાં પદાર્થની શક્તિ**.—૧. વાઘ કે સિંહ ઊંઘતો હોય કે શાંત બેઠા હોય તે વારે તેનામાં શું બિલકુલ શક્તિ નથી ? જો તેનામાં શક્તિ છે તો તે કયા પ્રકારની છે ?

૨. પત્થરાના ઢગલામાં તેની સ્થિતિને લીધે શક્તિ હોય એવું ઉદાહરણ આપો.

૩. કોઈ તળાવાદિક જળભંડારમાં શક્તિ ક્યારે હોયછે?

૪. પવનચક્કી જે શક્તિનો ઉપયોગ કરેછે તે કયા પ્રકારની છે ?

૫. નિવૃત્તિમાં રહેલી શક્તિ, જે હજી કામે લાગેલી નથી તેવીમાં ચલિત શક્તિથી વધારે લાભ શો છે તે ઉદાહરણથી સમજાવો.

## **ધ્રુજતા પદાર્થો,** પાનું ૫૦.

૧. **ધ્રુજણી.—નાદ કે અવાજ**.—૧. કોઈ વસ્તુ ગતિમાં છતાં એટલે હાલે છે, પણ પોતાનું સ્થળ બદલતી નથી એવા પ્રયોગવાળું ઉદાહરણ આપો.

૨. આ વિશેષ પ્રકારની ગતિનું કયું નામ પાડવામાં આવ્યું છે ?

૩. ધ્રુજતો પદાર્થ આસપાસના વાયુ ઉપર એક પછી એક ઘાત કરે છે કે નહિ ?

૪. એ ઘાત આપણા કાનમાં લાગેછે ત્યારે તે લાગણીને આપણે શું કહીએ છીએ ?

૨. **શોર અને સુસ્વર.**—૧. હવા ઉપર એક ઘાત કરેછે તેવા પદાર્થનું ઉદાહરણ આપો.

૨. વાયુપર એક પછી એક ઘણા ઘાત કરેછે તેવા પદાર્થનો દાખલો આપો.

૩. એક ઘાતનું કામ કાન ઉપર વાગવું થયાથી જે લાગણી થાયછે તેને આપણે શું કહીએ છીએ ?

૪. એક પછી એક ઘાગા ઘાત કાનપર થાયછે તેથી જે લાગણી થાયછે તેને આપણે શું કહીએ છીએ ?

૫. ઊંડા નીચા સુરની અને તીણા ઊંચા સુરની વચ્ચે પ્રાકૃતિક ભેદ શો છે ?

૬. ઉદાહરણથી સમજાવો કે નાદ એક પ્રકારની શક્તિ છે અને કામ કરી શકેછે.

૩. **વાયુમાં નાદની ગતિ.**—૧. જે પ્રયોગથી સિદ્ધ થાયછે કે નાદને કાનપર આણવાને વાયુ (હવા) જોઈએ તે પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૨. તોપ વા ઉપર ઘાત કરેછે ત્યારે વાના જે રજકણોને ઘાત વાગેછે તેઓ પંડે હડસેલાઈ છૂટથી તેનો અવાજ સાંભળનાર માણસના કાનપર જઈ પહોંચેછે કે ?

૩. જો એમ નહોય તો તેઓની ગતિ કાન પર્યંત શી રીતે જાયછે ? તમારા ઉત્તરને પ્રયોગથી પ્રદર્શિત કરો.

૪. લખોટાની રમત પરથી એ સમજાવો.

૪. **ગતિનો વેગ**—૧. તોપથી નીકળેલા અવાજને કાનપર્યંત આવતાં વખત લાગેછે તેનો પુરાવો આપો.

૨. વામાં કેટલા વેગથી અવાજ (નાદ) ચાલેછે ?

૩. પાણીમાં કેટલા વેગથી નાદ (અવાજ) ચાલેછે ?

૪. લાકડામાં કેટલા વેગથી નાદ ચાલેછે ?

૫. કોઈ આદમી તોપથી કેટલેક અંતરે છે, તેણે તોપનો ઝબકારો દીઠા પછી સાડા પાંચ સેકંડે તેનો અવાજ સાંભળ્યો એ તોપથી તે કેટલે અંતરે છે ?

**૫. નાદનું પરાવર્ત્તન—પડઘા.**—૧. પડઘાનો પ્રાકૃતિક ખુલાસો કરો.

૨. પ્રકાશની પેઠે નાદને પણ ફોકસ છે એ દર્શાવનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૩. લંડનમાં સંતપાલનું દેવળ છે તેમાં કાંઈ વિશેષતા છે તે પરથી નાદનો એક ગુણ જણાયછે તે દર્શાવો.

**૬. કહેલા સુર પ્રમાણે ધ્રુજણીનો દર શોધવાની રીત.**—૧. એક સેકંડમાં હરકોઈ સુર ઉત્પન્ન થવાને ધ્રુજણીની જે સંખ્યા જોઈએ તે શોધી કાઢવાના ઓજારનું ચિત્ર કાઢો અને વર્ણન કરો.

**ઉષ્ણ થયલા પદાર્થો**, પાનું ૫૮.

**૧. ઉષ્ણતાની પ્રકૃતિ** (પ્રથમ દર્શન).—૧. ઉષ્ણ પદાર્થ (તપેલો પદાર્થ) શીતળ પદાર્થથી વધારે ભારે છે કે?

૨. ઉષ્ણ પદાર્થમાં શીતળ પદાર્થ કરતાં વધારે શક્તિ છે કે?

૩. ઉષ્ણતા (ગરમી) જો કોઈ પ્રકારની ગતિ છે તો તપેલા પદાર્થના રજકણો હાલતા (ગતિમાં) કેમ નજરે પડતા નથી?

**૪. ધ્રુજતા પદાર્થમાં** બે બાબતો પર લક્ષ લગાડવાનું છે. તેઓ કેઈ છે?

૫. ઉષ્ણ પદાર્થમાં બે બાબતો લક્ષમાં લેવાની છે, તેઓ કેઈ છે?

**૨. ઉષ્ણ થયલા પદાર્થનું વિસ્તાર પામવું.**—૧. ધાતુનો સળીઓ તપાવવાથી વધારે લાંબો થાયછે એ દર્શાવનાર પ્રયોગને વર્ણવો.

૨. પાણીથી ભરેલા કાચની પોલી ગોળી તપેછે ત્યારે શું બનેછે?

૩. બે તૃતીયાંશ વાથી ભરેલો ફુક્કો તપેછે ત્યારે શું થાયછે?

**૩. થર્મોમીટર અને તે બનાવવાની રીત.**—૧. જે **પારાનું થર્મોમીટર** કહેવાયછે તેનું સામાન્ય વર્ણન કરો અને તેની કૃતિની રીત સમજાવો.

૨. પારાના થર્મોમીટરને ભરવાની અને બંધ કરવાની યુક્તિનું વર્ણન કરો.

૩. પારાના સેંટિગ્રેડ થર્મોમીટર પર અંશ પાડવાની યુક્તિનું વર્ણન કરો.

૪. એને સેંટિગ્રેડ થર્મોમીટર કહેવાનું કારણ શું ?

૫. સેંટિગ્રેડ માપ ઉપર લોહીની ગરમી કેટલી છે ?

**૪. ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ રૂપી પદાર્થોનું ફૂલવું કે વિસ્તાર પામવું.**—૧. કાચ અને સીસું એ બેમાંથી વધારે કયું ફૂલે છે ?

૨. પ્લાટિનમ અને જસત એ બેમાંનું કયું વધારે ફૂલે છે ?

૩. ઘન કરતાં પ્રવાહી વધારે ફૂલે છે એમ થર્મોમીટરથી સિદ્ધ કરો.

૪. ઓછી ગરમી કરતાં વધારે ગરમીમાં પ્રવાહીઓ ઓછી ઉતાવળે કે વધારે ઉતાવળે ફૂલે છે ?

૫. શું પ્રવાહીઓથી વાયુઓ (વ્યાસો) વધારે ફૂલે છે?

૬. ઉષ્ણતા વિના બીજા કોઈ કારણથી વાયુઓ ફૂલે છે કે ?

૭. વાથી પૂરો ભરાયલો નહિ એવા કૂકાનું પાણી ઠાર (પાણીનું બરફ થાય તે) બિંદુએ ૧૦૦૦ ઘન ઇંચ કદ છે તો ઉકાળ (પાણી ઉકળે તે) બિંદુએ કેટલું થશે?

૮. પ્રવાહીઓ અતિ ઘણા બળથી ફૂલે છે તે દર્શાવનાર પ્રયોગને વર્ણવો.

૯. શીતળ થવામાં સંકોચન બળ ઉત્પન્ન થાય છે તેનો ઉપયોગ ગાડીનાં પૈડાં બનાવવામાં શો થાય છે તે બતાવો.

**૫. વિશેષ ઉષ્ણતા.**—૧. કોઈ વસ્તુની **વિશેષ ઉષ્ણતા** એટલે શું ?

૨. ઘણી વિશેષ ઉષ્ણતાવાળી કોઈ વસ્તુનું નામ દો.

૩. ઘણી થોડી વિશેષ ઉષ્ણતાવાળી કોઈ વસ્તુનું નામ દો.

૪. બીજા અને ત્રીજા પ્રશ્નના ઉત્તરોને પ્રયોગ વડે પ્રદર્શિત કરો.

**૬. રૂપાંતર કે અવસ્થાન્તર.**—૧. કોઈ વસ્તુને ગરમ કરવાથી કયા અનુક્રમે તેની અવસ્થા બદલાય છે ?

૨. લોઢાના એક કકડાને પીગળો થતાં સુધી તપાવ્યો છે અને બીજાને તેનો રસ થઈ ગયો એટલો તપાવ્યો છે તો એ બેમાં-થી વધારે ઉષ્ણતા કિયામાં છે ?

૩. લોઢાના એક કકડાને તાપ દેઈ ઓગાળ્યું છે અને બીજા-ને તાપ દેઈ તેની વરાળ કરી છે તો એ બેમાંથી વધારે ગરમી કયામાં છે ?

૪. જે પ્રવાહીને હજી સુધી થીજવી શક્યા નથી તેનું નામ કહો.

૫. જે વાયુ (ગ્યાસ) ને આજપર્યંત પ્રવાહી કરી શક્યા નથી તેનું નામ દો.

૬. કોઈ વસ્તુમાં ઉષ્ણતા કેટલી છે તે માપવાને આપણી સ્પર્શેંદ્રિયનો ભરોસો રાખી શકીએ કે નહિ ?

૭. રિફ્રેક્ટોરી એટલે હઠીલો પદાર્થ એનો અર્થ શો ?

૮. સેંટિગ્રેડ થર્મામીટર ઉપર બરફનું ઓગાળ બિંદુ કયું છે અને પાણીનું ઉકાળ બિંદુ કયું છે ?

**૭. પાણી અને વરાળની ગુપ્ત ઉષ્ણતા.**—૧. પાણી-ની ગુપ્ત ઉષ્ણતાની વ્યાખ્યા પ્રયોગ વડે કરો.

૨. $0^\circ$ સી. ઉષ્ણતામાનના એક પાઉંડ બરફમાં ૧૦૦° સી. ઉષ્ણતામાનનું ઉકળતું પાણી ભેળીએ તો મધ્ય ઉષ્ણતામાન ૫૦° સી. થી વધારે થશે કે ઓછું ?

૩. પ્રયોગવડે વરાળની ગુપ્ત ગરમીની વ્યાખ્યા કરો.

૪. $0^\circ$ સી. ઉષ્ણતામાને બરફની શીતળતાના એક પાઉંડ પાણીમાં ૧૦૦° સી. ઉષ્ણતામાનની એક પાઉંડ વરાળ ભેળીએ તો મધ્ય ઉષ્ણતામાન ૫૦° સી. થી વધારે થશે કે ઓછું ?

૫. પાણીની ગુપ્ત ઉષ્ણતા ૭૯ છે એ કહેવાનો અર્થ શો ?

૬. વરાળની ગુપ્ત ઉષ્ણતા ૫૩૭ છે એમ કહેવાનો અર્થ શો ?

૭. પાણીની ગુપ્ત ઉષ્ણતા ઘણી થોડી હોય તો કેટલાક દેશો-માં શું બને ?

૮. વરાળની ગુપ્ત ઉષ્ણતા ઘણી થોડી હોય તો શું બને ?

૯. ખરી વરાળ અદૃશ્ય છે એ દેખાડનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

**૮. ઉકળવું અને સુકાવું.**—ઉકળવું અને સુકાવું એ બેમાં ભેદ શો છે તે કહો.

૨. પાણીના ઉકાળ બિંદુનો આધાર શા ઉપર છે ?

૩. પહાડને શિખરે ઉકાળ બિંદુ વધારે ઊંચું હશે કે વધારે નીચું હશે ? કારણ કહો.

૪. ખાણને તળીએ વધારે ઊંચું હશે કે વધારે નીચું હશે ? કારણ કહો.

૫. દબાણ ઘટવાથી ઉકાળ બિન્દુ ઉપર જે અસર થાયછે તે દર્શાવનાર પ્રયોગ વર્ણવો.

૬. ઘનાવસ્થામાંથી પ્રવાહી અવસ્થામાં જતાં પાણી ફૂલેછે કે સંકોચાયછે ?

૭. એ બાબતમાં ઉલટું વર્ત્તનાર કોઈ વસ્તુનું નામ દો.

૮. પ્રવાહી રૂપમાંથી વાયુ રૂપમાં જતાં પદાર્થો ફૂલે છે કે સંકોચાય છે ?

૯. એક ઘન ઇંચ પાણીની વરાળ કેટલી જગ્યા રોકશે ?

**૯. ઉષ્ણતાનાં બીજાં કાર્યો.—થીજાવી દેનાર મિશ્રણો.**—૧. જેમાં ગરમાથી રસાયનક્રિયાને ઉત્તેજન મળેછે એવું ઉદાહરણ આપો.

૨. રસાયનકૃતિથી ઘણું કરીને ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન થાયછે કે નહિ ?

૩. બે વસ્તુઓના મિશ્રણ થવામાં ઉષ્ણતામાન ઓછું થાયછે એવું ઉદાહરણ આપો અને તેમ થવાનું કારણ સમજાવો.

૪. જે પ્રવાહીની ઉતાવળે વરાળ થઈ જાય છે તે અતિશય શીતળ શામાટે હોયછે ?

૫. પાણીને તેની વરાળ કરવાથી થીજવી શકાયછે એ દેખાડનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

**૧૦. ઉષ્ણતાનું પ્રસરવું.**—૧. ઉષ્ણતામાં શું પોતાની મેળે પ્રસરી જવાનું વલણ સદા હોયછે?

૨. કેહ કેહ ભિન્ન રીતેએ તે એ પ્રમાણે કરેછે?

૩. ઉષ્ણતાવહનનું ઉદાહરણ આપો; ઉષ્ણતાસંચારણનું ઉદાહરણ આપો. કિરણપાતનનું ઉદાહરણ આપો.

**૧૧. ઉષ્ણતાવહન અને ઉષ્ણતાસંચારણ.**

૧. કાચ કરતાં ધાતુમાં ઉષ્ણતાવહન શક્તિ વધારે સારી છે તે દર્શાવનાર પ્રયોગને વર્ણવો.

૨. ઊન અને પીંછાં સારાં વાહક છે કે નઠારાં વાહક છે?

૩. એવા પદાર્થો ઉષ્ણતાને **અંદર** ક્યારે રાખે છે?

૪. એવા પદાર્થો ઉષ્ણતાને બહાર ક્યારે રાખેછે, **અર્થાત્** પેસવા ક્યારે નથી દેતા?

૫. ત્રાંબું લોઢાથી વધારે સારૂં વાહક છે એ દેખાડનાર પ્રયોગને વર્ણવો.

૬. વહન અને સંચારણમાં લાક્ષણિક ભેદ શો છે?

૭. પાણીવાળા વાસણને તળીએથી તાપ લગાડવાથી તેમાંના પાણીમાં પ્રવાહ ચાલશે તેઓની દિશા ચિત્રો.

૮. તળાવના પાણીનું બરફ થઈ જવામાં સંચારણથી ઓ-છાંબો પડે છે તે સમજાવો.

૯. વાયુના સંચારણનું ઉદાહરણ આપો.

૧૦. વેપાર પવનો (ટ્રેડ વિન્ડો) સમજાવો.

**તપેલા પદાર્થોનો પ્રકાશ,** પાનું ૮૯.

**૧. કિરણપાતન, પ્રકાશ અને ઉષ્ણતા.—તેનો વેગ—**

૧. કેઇ ક્રિયા વડે સૂર્યની ઉષ્ણતા પૃથ્વી ઉપર પહોચે છે?

૨. ગરમ પાણી ભરેલી તપેલી કે દેગડીમાંથી પ્રકાશમાન ઉષ્ણતા નીકળેછે કે નહિ?

૩. કોઇ પદાર્થ જેમ વધારે તપતો જાયછે તેમ તેમાંથી નીકળતાં કિરણોમાં શો તફાવત પડતો જાયછે?

૪. પ્રકાશની ગતિના વેગની શોધ પ્રથમ કોણે કરી?

૫. એ શોધ જે પ્રકારે થઇ તે પ્રકારનું સામાન્ય વર્ણન કરો.

૬. પ્રકાશની ગતિનો વેગ કેટલો છે ?

૭. શું કેકાલયા રજકણોનો પ્રકાશ બનેલોછે ? તેમ નથી તો તેનો સ્વભાવ શો છે ?

**૨. પ્રકાશનું પરાવર્તન.**—૧. પ્રયોગવડે પ્રકાશનું પરાવર્તન પ્રદર્શિત કરો.

૨. બે પ્રતિજ્ઞાઓમાં પરાવર્તનનો નિયમ કહો.

૩. થોડાક મૂળાક્ષરો અને તેઓના પડછાયા સાદા દર્પણમાં પડેછે તેવા ચિત્રો.

૪. થર્મામીટરની તળીઅની ચળકતી ગોળીમાં બહારની વસ્તુઓની છબીઓ કેવા પ્રકારની પડેછે ?

૫. બે અંતર્ગોળ દર્પણોના પ્રયોગને વર્ણવો.

**૩. પ્રકાશનું વક્રીભવન** (કે વળવું).—૧. પ્રકાશનું વક્રીભવન પ્રયોગવડે પ્રદર્શિત કરો.

૨. કાચની ચપટી તખતીમાં થઇને ગયાની પૂર્વે જવામાં અને ગયા પછી પ્રકાશના કિરણની દિશા ચિત્રો.

૩. કાચ ફાચર આકારે કે પ્રિઝમ રૂપે હોય તેનું ચિત્ર દોરો.

૪. પ્રકાશ ફાચરના જાડામાં જાડા ભાગની તરફ કે તેની સામી દિશામાં વાંકો વળેછે ?

**૪. લેન્સો** (દૃક્‌કાચ).—**તેઓ મદદેથી પડતાં પ્રતિબિંબો.**—૧. મેજપર મૂકેલો લેન્સ ઉપલી મેરથી જેવો દેખાય તેવાનું ચિત્ર કહાડો.

૨. કોર ભણીથી જોતાં જેવો દેખાય તેવા લેન્સનું ચિત્ર દોરો.

૩. લેન્સ અને પ્રિઝમની વચ્ચે સરખાપણું બતાવો.

૪. લેન્સ ઉપર દૂરથી આવતાં સમાંતર કિરણોની ભારી તે ઉપર શી રીતે વાંકી વળશે તે ચિત્ર કહાડીને બતાવો.

૫. આગીઆ કાચ તરીકે લેન્સનો શી રીતે ઉપયોગ થઈ શકે?

૬. ફોટોગ્રાફર લેન્સનો ઉપયોગ કેવી રીતે કરેછે તે બતાવો.

**૫. વિપુલદર્શક કાચ.**—૧. નાની વસ્તુ મોટી દેખાય તેમ કરવાને એકજ લેન્સનો શી રીતે ઉપયોગ થઈ શકે તે બતાવો.

૨. તે વસ્તુ દૂર હોય તો એકજ લેન્સથી ચાલશે?

૩. તેને જોવાને તમે શી ગોઠવણ કરશો? એ ગોઠવણને શું કહેછે?

**૬. જુદા જુદા પ્રકારના પ્રકાશનું વાંકુ વળવું જુદું જુદું છે.**—

૧. વાદળી, રાતા, અને લીલા રંગનાં પ્રકાશનાં કિરણો પ્રિઝમ ઉપર એકઠાં પડેછે એમ ધારો. શું તેઓ એકઠાં બહાર નીકળશે?

૨. જો તેઓ એકઠાં બહાર ન નીકળે તો કિયા ક્રમમાં તેઓ વાંકાં વળશે?

૩. કિયા રંગો મિશ્ર થયાથી ધોળો પ્રકાશ બનેલોછે?

૪. આ વાત પ્રિઝમ વડે શી રીતે સિદ્ધ થઈ શકે તે દેખાડવાને ચિત્ર કહાડો.

૫. ધોળા પ્રકાશના મિશ્ર સ્વરૂપની શોધ પહેલવહેલી કોણે કરી?

૬. સ્પેક્ટ્રમ એટલે શું? તમારો ઉત્તર પ્રયોગ વડે પ્રદર્શિત કરો.

**૭. ઉષ્ણતાની પ્રકૃતિ** (બીજી નોંધ).—૧. કોઇ લુહાર સીસાના કડકાપર ભારે હથોડાનો ઘા મારેછે તો તે ઘાની શક્તિનું શું થાયછે?

૨. બટનને લાકડા પર ઘસવામાં વપરાયલી શક્તિનું શું થાયછે?

૩. ઘાની શક્તિનું ઉષ્ણતામાં રૂપાંતર થાયછે તે વેરટા વડે પ્રયોગ કરીને સમજાવો.

૪. આગગાડીની ગતિને અટકાવનાર બ્રેક-વ્હીલમાંથી તણખા ઊડેછે તેનું શું કારણ?

૫. ઉષ્ણતાનું રૂપાંતર પાછું વાસ્તવિક શક્તિમાં થાયછે તેનું ઉદાહરણ આપો.

## વિદ્યુન્મય પદાર્થો. પાનું ૧૦૩.

**૧. વાહક અને અવાહક.**—૧. વીજળી વિષે કિયું સત્ય પ્રથમ જાણવામાં હતું ?

૨. દાક્તર ગિલ્બર્ટે કઈ શોધ કરી ?

૩. કાચ ઉપર વીજળી પ્રસરી શકતી નથી એ પ્રયોગ વડે બતાવો.

૪. ધાતુ ઉપર વીજળી પ્રસરી શકેછે એ પ્રયોગ વડે બતાવો.

૫. આ ગુણોને લીધે કાચને અને ધાતુને કિયાં નામો આપ્યાં છે?

૬. સારા વિદ્યુતવાહક અને મંદવાહક પદાર્થોનાં નામ આપો.

**૨. વિદ્યુતની બે જાત.**—૧. વિદ્યુત્‌ની બે જાત છે તે બતાવનારા પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૨. એકજ જાતના વિદ્યુત્‌વાળા પદાર્થો એક એક જોડે કેવી રીતે વર્ત્તેછે ? વિરૂદ્ધ જાતના વિદ્યુત્‌વાળા પદાર્થો એક એક જોડે કેવી રીતે વર્તેછે ?

૩. બંને જાતની વિદ્યુતને એક એકથી છૂટી પાડવાનો પ્રયોગ આપો.

૪. કાચની સળીપર રેશમ ઘશીએ છીએ ત્યારે એ બે વસ્તુઓમાં કઈ જાતની વિદ્યુત્ આવેછે ?

૫. લાખને ફલાનલપર ઘશીએ છીએ તેવારે એ બે વસ્તુઓમાં કઈ જાતની વિદ્યુત આવેછે ?

**૩. ઉશ્કેરાયલા પદાર્થોનો ન ઉશ્કેરાયલા પદાર્થોપર વ્યાપાર.—પ્રયોગો.**—૧. વિદ્યુત્ પ્રોત્સાહન એટલે શું તે પ્રયોગવડે સમજાવો.

૨. વિદ્યુત્ તણખો સમજાવી તેનું વર્ણન કરો.

૩. સુવર્ણ વરખ વિદ્યુત દર્શકનું ચિત્ર કહાડો અને તેનો વ્યાપાર સમજાવો.

૪. પોઝિટિવ વિદ્યુત ભરેલા વિદ્યુત દર્શકની ટોચની થડમાં ઉશ્કેરાયલો કાચનો દાંડો ધરવાથી તેનાપર શી અસર થશે?

૫. ઉશ્કેરાયલી લાખની લાકડીથી શી અસર થશે?

૬. વિદ્યુત ભરેલા વિદ્યુત્ યંત્રને તમે છૂટી રહેલી પીતળની ગોળી વતી અડોછો તો નાનો તણખો નીકળેછે, પરંતુ એ પીતળની ગોળીનો સંબંધ જમીન જોડે રાખોછો તો મોટો તણખો નીકળેછે. એનું શું કારણ?

૭. ઉપલા પ્રશ્ન માંહેલી ગોળીને એક અણી લગાડોછો તો તણખો નીકળતો નથી. આનું કારણ શું?

૮. ફ્રાન્ક્લિને કઈ શોધ કરી હતી?

**૪. વિદ્યુતયંત્ર—લેડનજાર**—૧. વિદ્યુત યંત્રનું ચિત્ર કહાડી તેની ક્રિયા શી રીતે ચાલેછે તેનું વર્ણન કરો.

૨. લેડનજાર ચીતરી તેની ક્રિયા શી રીતે ચાલેછે તેનું વર્ણન કરો.

૩. ચીપીઆનું ચિત્ર કહાડી તેના ઉપયોગનું વર્ણન કરો.

**૫. વિદ્યુન્મય પદાર્થોનું શક્તિવાનપણું**—૧. જેમાં શક્તિ છે એવી કોઈક વસ્તુ વીજળી છે તેનો પુરાવો આપો.

૨. વીજળીના ચમકારામાં તમે જે જુઓછો તે શું વિદ્યુત છે? વિદ્યુત્ નથી તો તે શું છે?

૩. વિદ્યુત્ યંત્રને પ્રેરવવું કઠણ પડેછે તેનું શું કારણ?

**૬. વિદ્યુત પ્રવાહો.**—૧. વોલ્ટાની બાટરીનું ચિત્ર કહાડી તેની ક્રિયાનું વર્ણન કરો.

૨. બાટરીના પોલ તારો એટલે શું?

૩. એક પૂર્ણ ભ્રમણમાં પોઝિટિવ વિદ્યુત્નો પ્રવાહ કઈ દિશામાં જાયછે?

૪. ગ્રોવ બાટરી ચીતરી તેની ક્રિયાનું વર્ણન કરો.

**૭. એ પ્રવાહના ગુણો.**—૧. તમે પ્લાટિનમ તારને વિદ્યુત પ્રવાહથી શી રીતે તપાવશો?

૨. તમે એવા પ્રવાહથી પાણીનું પૃથક્કરણ શી રીતે કરશો?

૩. પાણીનું પૃથક્કરણ થાય તો આક્સિજન કયા પોલમાં દેખાશે અને હાઇડ્રોજન કયા પોલમાં દેખાશે?

૪. વિદ્યુત્ પ્રવાહ એક લોઢામાં બીજા લોઢાને આકર્ષવાની શક્તિ શી રીતે આપી શકેછે?

૫. પ્રવાહ બંધ પડ્યા કેડે નરમ લોઢામાં એ ગુણ રહેછે કે?

૬. લોહચુંબક એટલે શું?

૭. પ્રવાહના સંબંધમાં લોહચુંબક કઇ સ્થિતિમાં હશે?

૮. ઇલેક્ટ્રિક ટેલીગ્રાફ શી રીતે બનાવી શકાયછે તે સમજાવો.

